Grundriss

für

die Vorträge

auf der

Königlich vereinigten

Artillerie- und Ingenieur-Schule

zu

BERLIN.

VIII.

Terrain - Aufnehmen.

Berlin.

B. Behr's Buchhandlung.

Oberwallstrasse 12 & 13.

1856.

Leitfaden

für den

Unterricht im Terrain-Aufnehmen

für

militairische Zwecke.

Bearbeitet

von

Feller,

Ingenieur-Hauptmann und Lehrer an der vereinigten Artillerie- und Ingenieur-Schule.

Berlin.

B. Behr's Buchhandlung,
Oberwallstraße 12 und 13.

1856.

Inhalts-Verzeichniß.

Zweites Kapitel.

Instrumente zur Winkelmessung in der horizontalen Ebene.

A. Das Kroquirbrett.

B. Der Meßtisch.

a. Meßtisch-Zubehör.

b. Elementar-Operationen mit dem Meßtisch.

C. Die Boussole.

Elementar-Operationen mit der Boussole.

D. Die Patent-Boussole (von Schmalkalder).

E. Der katoptrische Zirkel.

F. Der Reflektor von Horner.

G. Der Reflektor von Douglas.

H. Der Spiegelsextant.

Operationen mit den Spiegel-Instrumenten.

I. Der Theodolit.

Handhabung des Theodoliten.

Drittes Kapitel.

Vertikalwinkel-Instrumente.

Viertes Kapitel.

Höhenmeß- oder Nivellir-Instrumente.

Operationen mit den Nivellir-Instrumenten.

Fünftes Kapitel.

Die Netzlegung.

A. Die geometrische Netzlegung.

B. Die trigonometrische Netzlegung.

a. Die trigonometrische Netzlegung für eine Landes-Aufnahme.

b. Die trigonometrische Netzlegung für die Aufnahme von Festungen und des umliegenden Terrains.

Sechstes Kapitel.

Die topographische Aufnahme.

Siebentes Kapitel.

Aufnahme der Terrainerhebungen.

A. Flüchtige Aufnahme der Terrainerhebungen.

B Aufnahme der Terrainerhebungen mittelst der entfernungsmessenden Kippregel.

C. Aufnahme der Terrainerhebungen für Festungs-Aufnahmen im Maßstabe von 1 : 2880.

Einleitung.

Die militairische Vermessungskunst oder die Geodäsie lehrt, so viel Maaße entweder unmittelbar oder durch Rechnung oder durch besondere Construktion aus dem Terrain zu entnehmen, als zu dessen Darstellung, so weit es das militairische Interesse erfordert, in der Horizontal- oder Vertikal-Projektion bei einem gegebenen Längenverhältniß zur natürlichen Größe erforderlich sind. Wenn die dazu nöthigen Operationen mehr die Bestimmung der Gestalt der Erde, und insbesondere die genaue Bestimmung der Lage einzelner Punkte von einem größeren Theile der Erdoberfläche (trigonometrische Netzlegung), zum Zweck hat, so nennt man diesen Theil der Geodäsie, die höhere Geodäsie; während alle Operationen zur Aufnahme der Einzelnheiten des Terrains zur niederen Geodäsie gerechnet werden. Für den vorliegenden Zweck soll eine Auseinandersetzung der Operationen der höheren Geodäsie nur zum Theil und in den Grundzügen erfolgen; für die niedere Geodäsie soll so viel gelehrt werden, als zur Anleitung für die fernere praktische Uebung nothwendig erscheint.

Erstes Kapitel.

Abstecken der Punkte, Instrumente zum Messen von Entfernungen.

A. Abstecken und Bezeichnen der Punkte.

§. 1. Sollen die Punkte weit und nach vielen Richtungen gesehen werden, so benutzt man dazu **Gegenstände auf dem Terrain,** als Thurmspitzen, Schornsteine, hervorragende Giebel von Gebäuden ꝛc. Diese Gegenstände gestatten aber in der Regel nicht,

zu den dadurch bezeichneten Punkten selbst zu gelangen, oder sich genau über denselben mit Instrumenten aufzustellen.

§. 2. Soll die Bezeichnung der Punkte auf mehrere Meilen Weite gesehen werden, gleichzeitig aber auch genau über denselben Instrumente aufgestellt werden können, so werden auf den Punkten sogenannte **Signale** aufgestellt. Es werden dazu nächst vielfachen anderen Einrichtungen z. B. drei Balken zu einer Pyramide zusammengesetzt, deren Spitze, um sie sichtbarer zu machen, pyramidenförmig von Weißblech gebildet ist. Um solche Gerüste zu ersparen, sucht man hoch gelegene Terraintheile zur Bezeichnung der Punkte auf. Um dann diese Punkte von der Ferne aus ganz besonders genau sichtbar zu machen, hat man früher **parabolische Spiegel, Reverbers,** angewendet. — Gegenwärtig wird aber vom Generalstab dafür ein nach der Erfindung von Gauß modificirter **Heliotrop** angewendet, dessen Einrichtungen etwa folgende sind: Tafel I. Fig. 1. AB ist ein Brett 20″ lang, 4″ breit, von festem gutem Holze mit Oelfarbe angestrichen, in dessen Mitte eine gerade Linie gezogen ist. Auf dieser Linie befindet sich in c eine Schraube, mit welcher das Brett auf den betreffenden Punkt, in der Regel ein Pfahl, aufgeschraubt wird. Die Schraube a dient zum Heben und Senken des Brettes. Bei bb befindet sich ein Rahmen, der sich bei h horizontal um die vertikale Axe h bewegt. ef ist ein Spiegel in Metall gefaßt, welcher sich um ki vertikal bewegen läßt. Der Spiegel ist bei g durchlocht. Der Seite, nach welcher geleuchtet werden soll, zugekehrt, befindet sich in der Richtung der Mittellinie des Brettes bei d eine etwa 1½″ lange horizontale Röhre, die auf einem vertikalen Zapfen aufgelöthet ist. Die Röhre hat innerhalb ein Fadenkreuz m, und bei l eine Klappe, welche auf der innern Seite mit weißem Papier beklebt ist, und auf und zu gemacht werden kann. Beim Gebrauch wird dieser Heliotrop mit der Schraube c auf dem Punkt, der vorläufig durch einen Pfahl bezeichnet ist, befestigt. Von dem Loche g aus wird, über das Fadenkreuz in der Röhre, nach dem Punkte wo das Signal gesehen werden soll, visirt, und das Brett durch Drehung um den Punkt c nahe zu in die Richtung gebracht, dann die Klappe l der Röhre d heruntergelassen, und der Spiegel mittelst der horizontalen und vertikalen Bewegung so gedreht, daß das Sonnenlicht die Klappe l so beleuchtet, daß der durch den nicht spiegelnden Theil des Loches g verur-

fachte Schatten gerade das Fadenkreuz trifft. Dann wird die Klappe geöffnet, und in dem Punkte, von dem aus der Punkt der Aufstellung des Heliotropen gesehen werden soll, ist dieser gleich einem leuchtenden Stern bemerkbar, und können von da aus Beobachtungen und Winkelmessungen mit dem Theodoliten vorgenommen werden. Wenn an diesen Punkten an entsprechender Stelle ebenfalls ein Heliotrop aufgestellt ist, welcher nach dem Punkt des anderen Heliotropen leuchtet, so können durch ein zeitweises Auf- und Zudecken des Spiegels Zeichen gegeben werden, wodurch eine sehr vortheilhafte Heliotropen-Telegraphie vorgenommen werden kann.

§. 3. Wenn Punkte für die Dauer in ihrer Lage gesichert bezeichnet werden sollen, so werden z. B. zur Bezeichnung der mit großer Sorgfalt gemessenen Standlinien oder Basen für die trigonometrische Netzlegung, und in ähnlicher Weise für die trigonometrischen Netzpunkte, 5′ tiefe Fundamente gelegt, und darauf ein Granitblock befestigt, welcher in lothrechter Richtung angebohrt ist, und wo dieses Bohrloch mit einem messingnen Cylinder gefüllt ist, dessen durch einen eingesägten Kreuzschnitt bezeichnete Axe den Punkt angiebt. Zur Bezeichnung der wichtigeren Netzpunkte für Festungs-Aufnahmen kann man sich 3′ langer, 1′ und ½′ breiter **Granitsteine** bedienen, welche ungefähr 2′ in die Erde gegraben werden, und auf deren Oberfläche durch einen eingehauenen Kreuzschnitt der Punkt näher bezeichnet wird. Außerdem ist an der vorderen Fläche die Nummer oder der Buchstabe des Netzpunktes angegeben.

§. 4. **Signale,** bestehend aus 20′ langen, 3″ starken Stangen Holz, welche oben mit einer Strohwiepe versehen werden, so wie **Flaggenstangen, Meßfahnen** oder **Jalons,** welche 8 bis 10′ lang, 1½″ stark sind, dienen zur Bezeichnung der Punkte, wenn die Entfernung nur so groß ist, daß sie mit bloßem Auge oder durch Fernröhre hinreichend genau gesehen werden können. Die Meßfahnen oder Jalons sind, um sich sichtbarer zu machen, fußweise abgesetzt, schwarz und weiß, oder roth und weiß angestrichen, haben eine eben aus solchen Farben bestehende Flagge, und unten einen eisernen Schuh. Dieselben werden in den Boden entweder eingestoßen, oder es wird, wenn dies die Bodenbeschaffenheit nicht zuläßt, mit einem Vorschlagpfahl und Schlägel ein Loch vorgeschlagen. In den Fällen, wo über einen durch einen Stein bezeichneten Punkt eine Flaggenstange aufgestellt

werden soll, wie solcher Fall bei trigonometrischer Netzlegung für Festungs-Aufnahmen eintritt, setzt man aus Latten eine Art Stativ zusammen, in welches die Flaggenstange gesteckt und damit über den Stein aufgestellt werden kann.

§. 5. **Fluchtstäbe** 5 bis 8′ lang, wie die Meßfahnen eingerichtet, aber ohne Flagge, ferner Pikets, $1\frac{1}{2}$ bis 2′ lange Pfähle von Holz, in der Regel mit einem eisernen Schuh versehen, und überhaupt hölzerne Pfähle von 1 bis $1\frac{1}{2}$′ Länge werden benutzt bei Entfernungen von 50 bis 200 Schritt nur zur vorübergehenden Bezeichnung von Punkten. — Bei Absteckungen von Punkten mit Flaggenstangen kommt es darauf an, daß dieselben lothrecht in die Erde gesteckt sind. Man prüft diese Stellung entweder von zwei rechtwinklig gegen einander liegenden Seiten nach dem Augenmaaß, oder mittelst eines an einem Faden freihängenden schweren Körpers, Loth genannt.

§. 6. **Bei Absteckungen von Punkten** können mehrere Fälle eintreten:

1) Es sind zwei Punkte A und B (Tafel I. Fig. 8.) auf dem Terrain bezeichnet, und man soll einen dritten Punkt C bezeichnen, welcher mit A und B in gerader Richtung, im Allignement, das heißt in einer Vertikal-Ebene liegt.

Die Flaggenstange für den Punkt C wird entweder, wenn man von A über B nach C sehen kann, von A über B in die Richtung gebracht, oder man kann sich in A nicht aufstellen, dann muß die Flaggenstange C über B nach A eingerichtet werden.

2) Sind zwei Punkte A und C (Fig. 8.) bezeichnet, und man soll eine Flaggenstange B zwischen A und C einrichten, so muß von A oder von C aus, die Flaggenstange B zwischen A und C eingerichtet werden.

Tritt der Fall ein, daß A und C (Fig. 9.) zu weit entfernt sind, oder daß man sich weder in A noch in C aufstellen kann, so wird, um einen Punkt B zwischen A und C in die Richtung dieser Punkte zu bringen, noch eine Flaggenstange E erforderlich, wo das Einrichten dann in der Art erfolgt, daß, nachdem B zwischen A und C in die ungefähre Richtung von A C gebracht ist, die Flaggenstange E von B nach C eingerichtet wird; es folgt dann das Einrichten der Stange B nach E und A, und so wird in

dem gegenseitigen Einrichten fortgefahren, bis E in der Richtung von B nach C, und gleichzeitig nach B in der Richtung von E nach A sich befindet, was dann ein Beweis ist, daß B in der Richtung von A und C liegt.

Eine gleiche Art des Einrichtens wird nothwendig, wenn auf einer Terrainerhebung, welche (Tafel I. Fig. 9a.) zwischen A und C liegt, und wo wegen derselben von A aus, C nicht gesehen werden kann, eine Stange D in die Richtung von A und C gebracht werden soll. Es werden dann zunächst zwei Flaggenstangen, B und E in der ungefähren Richtung von A C so aufgestellt, daß man von B aus über E nach C, und von E aus über B nach A sehen kann. Diese beiden Stangen werden dann gegenseitig, wie oben, in die Richtung von A nach C gebracht, und es wird hierauf nur nothwendig die Stange D zwischen B und E einzurichten. Alle sonst noch vorkommenden Fälle des Einrichtens von Signalen sind nach Kenntniß dieser erwähnten leicht auszuführen.

B. **Längenmaß-Instrumente.**

§. 7. **Meßstäbe. Ganze oder halbe Ruthen.** Diese bestehen aus trockenem Tannenholz, $1\frac{3}{4}''$ breit, $\frac{3}{4}''$ stark, oder überhaupt aus einer solchen Holzart, welche sich in ihrer Längenausdehnung bei wechselnder Temperatur nicht wesentlich ausdehnt. Die ganze Ruthe ist gewöhnlich in Duodecimal-Fuße, die Endfuße in Zolle, eingetheilt, und auf beiden breiten Seiten in dieser Eintheilung, gewöhnlich abwechselnd mit schwarz und weißem Anstriche versehen. Um die Ruthen gegen eine Verkürzung während des häufigen Gebrauches zu sichern, sind die Enden derselben mit einem Kopfblech versehen. Mit rother Farbe sind die Fuße nummerirt, und die halben Fuße mit einem rothen Querstrich marquirt.

Man gebraucht die Ruthen zur Messung von Entfernungen, die nicht größer als ungefähr 10 Ruthen sind. Nur bei nicht horizontalem Terrain muß die Messung größerer Längen ebenfalls mit Meßstäben von 1 Ruthe Länge erfolgen, weil die Messung nicht allein in vertikaler Ebene, sondern auch in horizontaler Ebene stattfinden muß, und bei größerer Länge der Meß-Instrumente das Messen in letzterer Beziehung zu schwierig werden würde.

§. 8. Die **Meßkette** ist 5 Ruthen lang und besteht aus einzelnen, 1 dec.' langen Kettengliedern von starkem Draht, welche durch kleine Ringe mit einander verbunden sind, wo von 10 zu 10 Fuß größere Ringe mit Stegen, an welchen durch Zinken die Anzahl der Ruthen vom Anfange der Kette an bezeichnet, und auf halbe Ruthen kleinere Ringe angebracht sind. An den Enden der Meßkette sind größere Ringe angebracht, durch welche die zum Ausspannen, Ziehen und Einrichten der Kette bestimmten Kettenstäbe gesteckt werden, welche unten mit einem eisernen Schuh und eisernem Stift versehen sind, damit durch letztere das Durchfallen des Erdringes der Meßkette verhindert wird. Zur Meßkette gehören außerdem noch 10 Stück Markir- oder Zählstäbchen zum Bezeichnen der Punkte der Kettenstäbe, wenn die Kette weiter gezogen wird. Diese Stäbchen werden, sowie die Kette, in ledernen Taschen aufbewahrt. Beim Gebrauch der Meßkette ist an jedem Kettenstabe 1 Mann erforderlich; die Kette wird in der Richtung der zu messenden Linie ausgespannt, welches mit Hülfe des Einrichtens der Kettenstäbe genauer erfolgt, und in den Punkt des vorderen Kettenstabes ein Markirstäbchen gesteckt, worauf dann die Kette weiter gezogen wird, bis der hintere Kettenstab an diesem Markirstäbchen angelangt ist; das Markirstäbchen wird herausgenommen und in das Loch desselben der hintere Kettenstab eingesetzt, und in dieser Weise mit der Messung fortgefahren. Wenn demnach der den hinteren Kettenstab Haltende 10 Markirpfählchen empfangen hat, so sind 10 . 5=50 Ruthen gemessen worden, worüber man sich eine Notiz macht, indem bei weiteren Messungen die Markirstäbchen an den vorderen Mann abgegeben werden.

Die Meßkette wird vorzugsweise zum Messen größerer Entfernungen gebraucht, wo das Terrain möglichst horizontal ist. — Die Messungen können in kürzerer Zeit vorgenommen werden, und gewähren bei sorgfältiger Handhabung der Kette einen dem Zweck entsprechenden Grad der Genauigkeit.

§. 9. **Meßleine, Meßband.** Eine Meßleine kann als ein Ersatz für die Meßkette dienen; gewährt aber, da die Leine sich leichter ausdehnen kann, nicht den Grad der Genauigkeit. Es können aber Fälle eintreten, wo Längenmessungen in besonders kurzer Zeit vorgenommen werden müssen, und man wenigstens einen höheren Grad der Genauigkeit erreichen will, als dies durch bloßes Abschreiten möglich ist,

dann kann man eine Leine von 15 bis 20 Ruthen, wenigstens für ganze Ruthen mit Marken versehen und zur Handhabung derselben an den Enden Stäbe befestigt, sehr gut gebrauchen.

Das Meßband, welches sorgfältig gefertigt gegen Ausdehnen und Zerreißen möglichst gesichert ist und in einer Kapsel leicht zusammen- und aufgerollt werden kann, ist am Besten 120 ddec′ lang, in Fuße und Zolle getheilt, und angemessen nummerirt. Dieses Meßband ist für fortifikatorische Aufnahmen, wo Messungen an Gebäuden und deren Umfriedigungen, Abmessungen der Wälle und Graben vorgenommen werden müssen, die selten eine Ausdehnung von mehr als einer Meßband-Länge erreichen, ganz zweckmäßig. Nur zum Messen längerer Entfernungen ist dasselbe nicht geeignet.

§. 10. Der **natürliche Schritt des Menschen** kann nur dann zur Ermittelung von Entfernungen dienen, wenn diese in kurzer Zeit vorgenommen werden soll und kein großer Grad der Genauigkeit beansprucht wird. Um die Auftragung dieser Längenmaße in einem bestimmten Verhältniß zur natürlichen Größe in der Zeichnung auftragen zu können, legt man einen sogenannten **Schrittmaßstab** an. Wenn z. B. der Maßstab der Zeichnung 1 : 25,000 wäre, so ermittelt man die Anzahl der Schritte, welche auf eine abgemessene Länge von etwa 40 Ruthen gemacht werden; gesetzt, es wären dies 216 Schritt gewesen, so wird bei obigem Maßstabe 1 dec″ = 250° bedeuten; um die Anzahl x der natürlichen Schritte, die 1 dec″ bedeuten, zu erhalten, wird sich verhalten

$$40 : 216 = 250 : x$$
$$x = 1350 \text{ Schritt.}$$

Wenn dann 1 dec″ in 27 Theile getheilt wird, so bedeutet jeder Theil $\frac{1350}{27}$ = 50 natürliche Schritt.

§. 11. Die **Zeit** kann zur Ermittelung von Entfernungen, wenn diese in möglichst kurzer Zeit stattfinden soll, in der Art benützt werden, daß man beobachtet, wie viel Schritt man bei einem festzuhaltenden Tempo in einer Minute macht, dann ist einfach, nur diese Zahl der Schritte mit der beobachteten Zahl der Minuten und Theile derselben zu multipliciren.

Man kann auch die zu messende Entfernung zu Pferde zurücklegen, und dann in Rechnung bringen, daß ein Pferd im Schritt durchschnittlich

in 1 Minute eine Entfernung zurücklegt = 120 geometrische Schritte,
(1 geometrischer Schritt
= 2 dec′)
in mäßigem Trabe = 180 geometrische Schritte,
in stärkerem Trabe = 240 „ „
im Galopp = 300 „ „

§. 12. Wenn die Ermittelung großer Entfernungen auf das Genaueste stattfinden soll, wenn dabei die Maßeinheit genau einer Normalmaßeinheit entsprechen soll, und namentlich die Einflüsse der Temperatur auf die Längenausdehnung des Instruments, mit welchem gemessen wird, berücksichtigt und in Rechnung gebracht werden müssen, so hat man dafür besondere **Meßapparate** construirt, die hauptsächlich angewendet werden zur Messung einer Linie, auf Grund welcher die trigonometrische Berechnung der Entfernung anderer Punkte erfolgen soll. Im preußischen Staate ist ein solcher Meßapparat nach Angabe von Bessel angefertigt worden, dessen Auseinandersetzung seiner Einrichtungen in Fischer's Lehrbuch der höheren Geodäsie 2. Abschnitt Seite 64 zu finden ist.

§. 13. Der **Stangenzirkel** wird als Meßinstrument nur zur Ermittelung geringer Ausdehnungen, wie solche z. B. bei Aufnahme des Artillerie-Materials vorkommen, benutzt, sonst aber nur zur Auftragung von Längen nach einem verjüngten Maßstabe gebraucht, wo der gewöhnliche Zirkel zu kurz ist und sich dieser in der Auseinanderstellung der Zirkelspitzen leichter ändern kann. Des Stangenzirkels wird besonders erwähnt, weil die an demselben vorhandene **Nonieneinrichtung** von Interesse ist, indem diese Einrichtung an anderen Instrumenten besonders vorkommt.

Der Stangenzirkel besteht, Tafel I. Fig. 2, aus einer messingenen vierkantigen Stange von etwa 2 dec′ Länge, 2 dec′ sind darauf in 20 dec″ und jeder Zoll in 10 Linien getheilt. An dem einen Ende ist eine Zirkelspitze A; eine andere Zirkelspitze B läßt sich mit einem Ansatz cc, an der Stange der Zirkelspitze A näher oder entfernter stellen. Um dieses Einstellen genau bewerkstelligen zu können, ist an dem Schieber eine Mikrometerschraube, welche in einem Ansatz g besteht, der die Stange umfaßt, und mit der Klemmschraube h, nachdem die Einstellung des Schiebers mit bloßer Hand erfolgt ist, an die Stange festgeklemmt wird; in dem oberen Theile des Klemmansatzes

bewegt sich in einem kugelförmigen Pfannenlager eine Schraubenspindel ii, welche mit den Gewindetheilen in den Ansatz k des Schiebers greift. Durch eine Drehung der Schraube kann demnach die Zirkelspitze näher oder entfernter gestellt werden. An dem Schieber ist ferner die Länge von 9 Theilen der Stange oder von 9 dec''' von a bis b aufgetragen, und zwar so, daß der Strich 0 mit dem entsprechend angebrachten Theilstrich 0 der Stange zusammenfällt, wenn die Zirkelspitze B genau an die Zirkelspitze A stößt. Die Länge ab ist in 10 Theile getheilt, und die einzelnen Theilstriche in der Richtung von a nach b mit 0 bis 10 bezeichnet. Es geht aus dieser Eintheilung hervor, daß jeder Theil des Schiebers um $\frac{1}{10}$ kleiner ist, als jeder Theil der Stange, und daß daher, wenn die mit 0 bezeichneten Theilstriche des Schiebers und der Stange zusammenfallen, die Entfernung der mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 bezeichneten Theilstriche des Schiebers von dem mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 bezeichneten Theilstriche der Stange resp. $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{5}{10}$, $\frac{6}{10}$, $\frac{7}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{10}$ der dec''' beträgt. Wenn daher der Schieber AB z. B. eine Stellung hat, daß sein mit 0 bezeichneter Theilstrich, Index genannt, rechts von dem Theilstriche 4 der Stange sich befindet, so wird die Zirkelspitze B von der Zirkelspitze A zunächst 4 dec''' entfernt sein, außerdem aber noch so viel $\frac{1}{10}$ dec''' als der Theilstrich des Schiebers angiebt, welcher mit dem Theilstrich der Stange zusammenfällt; in Tafel I Fig. 3 ist dies der mit 4 bezeichnete Theilstrich des Schiebers AB. Die Zirkelspitze B ist demnach von Zirkelspitze A entfernt 4,4 dec'''.

§. 14. Diese Einrichtung zur genaueren Ermittelung von Theilen, als sie durch unmittelbare Theilung bewirkt worden sind, ist von einem Portugiesen Peter Nunez erfunden und ihr von einem Franzosen Vernier eine weitere Ausdehnung gegeben worden, man nennt sie deßhalb einen **Nonien- oder Verniermaßstab**, und die Einrichtungen wie sie der Schieber hat, einen **Nonius oder Vernier.**

Nach den am Stangenzirkel gegebenen Beispiele wird man im Allgemeinen, wenn durch den Nonius noch $\frac{1}{n}$ Theile einer Eintheilung angegeben werden sollen, die Länge von (n — 1) Theile auf dem Nonius auftragen und diese in n Theile theilen. Diese Art des Nonius nennt man einen **vortragenden Nonius.**

Wenn dagegen in Fig. 3 auf dem Nonius EF die Länge von 11 Theilen von CD aufgetragen, und diese in 10 Theile getheilt werden, so wird

jeder Theil des Nonius um $\frac{1}{10}$ größer sein, als die Theile von CD. Die Beschreibung der Theilstriche muß aber hierbei eine der Theilstriche auf CD entgegengesetzte sein. Man nennt diese Art des Nonius einen **nachtragenden.** Für Einrichtung desselben müssen, wenn $\frac{1}{n}$ Theile der Eintheilung durch ihn abgelesen werden soll, $(n+1)$ Theile aufgetragen und in n Theile getheilt werden.

§. 15. Die **Nonieneinrichtung** findet vorzugsweise ihre Anwendung an der Kreislinie oder Limbus, indem man mittelst eines Nonius kleinere Theile ablesen kann, als sie durch unmittelbare Theilung der Grade der Kreislinie vorgenommen ist. Man theilt gewöhnlich die Kreislinie, je nach der Größe des Radius und der beabsichtigten Genauigkeit, in $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$ Grade, resp. 30, 20, 15, 10 Minuten entsprechend. Wollte man z. B. bei einer Eintheilung der Kreislinie oder Limbus in halbe Grade, durch einen vortragenden Nonius noch Theile bis zu 1 Minute ablesen, so ist 1 Minute $= \frac{1}{n} = \frac{1}{30}$ eines halben Grades; es müssen also $(n-1) = 29$ Theile des Limbus auf dem Nonius aufgetragen werden, und diese in 30 Theile getheilt werden. Der Index des Nonius wird demnach zunächst bis auf halbe Grade die Größe eines Bogens angeben, der Nonius aber noch so viel Minuten, als der sovielte Strich desselben angiebt, welcher mit einem Theilstrich des Limbus zusammenfällt.

Soll an einer vorhandenen Nonieneinrichtung ermittelt werden, bis zu welchem Grade eine Ablesung bewirkt werden kann, so ist der Nonius so zu stellen, daß sein erster und sein letzter Theilstrich mit Theilstrichen des Limbus zusammenfällt, und zu zählen, wie viel Theile x des Limbus vom ersten bis zum letzten Theilstriche des Nonius eingenommen werden. Der Nonius wird dann als nachtragender in $(x+1)$ Theile, als vortragender in $(x-1)$ Theile getheilt sein, und man wird in ersterem Falle $\frac{1}{x+1}$, im letzteren $\frac{1}{x-1}$ Theile der Eintheilung des Limbus ablesen können.

Die Nonien-Einrichtungen insbesondere findet man an Instrumenten in verschiedener Art vor. So hat man einen doppelten Nonius eingerichtet, wo entweder auf der einen Seite des Index ein vortragender, auf der anderen ein nachtragender Nonius eingerichtet ist, oder es ist auf beiden Seiten ein vortragender, so daß, wenn die Beschreibung der Theilstriche nach beiden Seiten des Index zu erfolgt ist, der eine Nonius, dessen Beschreibung der Theilstriche nicht in der Richtung

der des Limbus ist, die Theile angiebt, welche dem Index bis zum nächsten Theilstriche des Limbus fehlen. Als einer besonderen Einrichtung der genauen Ablesung der Stellung des Index ist hierbei der durch die sogenannte **Mikrometerschraube** zu erwähnen. Wenn z. B. an einem Limbus eine Eintheilung bis auf $\frac{1}{15}$ Grad = 4 Minuten vorhanden ist, so wird zunächst untersucht, wie viel Theile am Limbus ein Index angiebt. Der Index wird dann mittelst einer Mikrometerschraube nach dem letzten Theilstrich genau eingestellt. An dem Kopf der Mikrometerschraube wird dabei beobachtet, wie viel ganze und Theile der Umdrehung nothwendig waren; da nämlich die Schraubengewinde von der Art sind, daß bei einmaliger Umdrehung der Schraube der Index um eine Minute vorrückt, und die Kreislinie des Knopfes der Schraube in 120 Theile getheilt ist, so wird der Index bei einer Drehung der Mikrometerschraube um einen solcher Theile, um $\frac{1}{120}$ Minute = $\frac{1}{2}$ Sekunde vorrücken.

C. Mittelbare Längenmessungen unter Voraussetzung des alleinigen Gebrauches von Absteckungen und Längenmeß-Instrumenten.

§. 16. Wenn die Entfernung AB (Tafel I. Fig. 4.) ermittelt werden soll, und das Terrain zwischen AB nicht gangbar ist, so steckt man seitwärts von AB auf dem gangbaren Terrain in C einen Punkt ab, von dem man aus in grader Richtung nach A und B eine Messung vornehmen kann. Man mißt dann die Entfernung AC und BC, und steckt in der Richtung und Entfernung von BC einen Punkt D, und in der Richtung und Entfernung von AC einen Punkt E ab, dann ist, DE gemessen, das Maß der Entfernung A von B, da $\triangle$ CDE $\cong$ ABC ist.

Wenn in der Verlängerung der Richtung von AC und BC das Terrain in der Ausdehnung von AC und BC auch nicht gangbar ist, so steckt man entweder in der Richtung von BC den Punkt D′ nur auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ BC von C aus ab, und in der Richtung von AC den Punkt E′ in gleicher Weise auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ AC von C aus ab, dann ist D′E′ = $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ AB, weil $\triangle$ ABC $\sim$ CD′E′ ist. Die Punkte D′E′ in geringere Entfernung von C als $\frac{1}{4}$ AC und BC abzustecken, ist für die Praxis nicht zu empfehlen, indem das Ergebniß

dieser mittelbaren Messung sonst zu ungenau wird. Statt in der Verlängerung der Richtung von AC und BC die Punkte D′ und E′ abzustecken, hätten diese Punkte auch zwischen A und C, und B und C in D″ und E″ eingerichtet werden können.

§. 17. Ist das Terrain von der Beschaffenheit, daß man nur an den einen Endpunkt A (Tafel I. Fig. 5) der zu ermittelnden Entfernung AB gelangen kann, so steckt man im Punkte A auf AB einen rechten Winkel ab; dies geschieht dadurch, daß man an einer Schnur eine Maßeinheit von etwa 4 Fuß, 3 mal, dann 4 mal, dann 5 mal abmißt, an der Schnur an diesen Abtragungen Marken macht, und dann diese Längen der Schnur zu einem Dreieck ausspannt, in der Art, daß die Maßlänge, 3 mal 4 Fuß, in der Richtung von AB zu liegen kommt, dann giebt die Richtung der Maßlänge, 4 mal 4 Fuß, den Schenkel des rechten Winkels an. Oder man legt genau in der Richtung von AB an A eine Stange nieder, und legt eine andere Stange in A nach dem Augenmaße so nieder, daß sie mit der ersteren Stange einen rechten Winkel bildet, was bei einem einigermaßen richtigen Augenmaß hinlänglich genau ist. In der Richtung des rechten Winkels wird eine bestimmte Länge AC abgemessen, welche um das Resultat der ganzen Absteckung nicht zu ungenau zu erhalten, nicht kleiner als ungefähr $\frac{1}{4}$ AB sein darf. In der Verlängerung von AC, in welchen Punkten Signale aufgestellt werden, wird in D ein Signal gesteckt, so daß CD = AC ist. In D wird auf DA ein rechter Winkel errichtet, und in der Verlängerung des Schenkels dieses rechten Winkels E so eingerichtet, daß sich dieser Punkt auch in der Richtung von CB befindet. Das Maß der Linie DE wird der Entfernung des Punktes A von B entsprechen, weil $\triangle$ ABC $\cong$ $\triangle$ CDE ist. Sollte das Terrain nach E so weit nicht gangbar sein oder Terrainerhebungen das Einrichten nicht möglich machen oder doch erschweren, so wird CD nur $\frac{1}{2}$ AC gemacht, dann ist 2 DE = AB, weil $\triangle$ ABC $\sim$ $\triangle$ CDE ist. CD ist nicht kleiner als $\frac{1}{2}$ AC zu bestimmen, indem sonst die Operation ein zu ungenaues Resultat liefert.

§. 18. Ist das Terrain von der Beschaffenheit, daß man bei einer zu ermittelnden Entfernung AB (Tafel I. Fig. 6.) weder bis nach A, noch nach B eine Messung vornehmen, noch sich in der Verlängerung von AB aufstellen

kann, so steckt man auf dem zugänglichen Terrain eine Linie CD ab, welche ungefähr nicht kleiner als $\frac{1}{2}$·AB und ungefähr parallel zu AB liegen muß. In der Mitte der Entfernung CD wird der Punkt E abgesteckt. In der Richtung DB, so wie in der von CA, werden die Punkte F und G in einer Entfernung von 4 bis 5° von D, resp. C abgesteckt. Die Linien EF und EG werden gemessen, und der Punkt I in der Richtung von EG, und EI = EG, und der Punkt H in der Richtung EF und EF = HE abgesteckt. Dann richtet man die Punkte L und K so ein, daß ersterer sowohl mit CH als EB, und letzterer sowohl mit ID als EA in einer Richtung sich befindet, dann ist LK = AB, weil $\triangle$ ELK $\cong$ $\triangle$ ABE ist.

Alle mittelbaren Längen-Ermittelungen, wenn sie wie in dem letzten Beispiele complicirte Absteckungen nothwendig machen, geben für die Praxis kein genügendes Resultat, und müssen solche Ermittelungen dann immer mit Hülfe besonderer Instrumente erfolgen.

D. Aufnahmen des Terrains nur mit Längenmeß-Instrumenten.

§. 19. Man verfährt im Allgemeinen in der Art, daß von dem aufzunehmenden Terrain eine Zeichnung nach dem Augenmaße entworfen wird. Man benutzt dann entweder einzelne Terraingegenstände oder steckt solche Punkte ab, deren Verbindung mit einander sich den Begrenzungen der Situationsgegenstände anschließt, und entnimmt aus dem Terrain so viel Längenmaße, als zur Construktion der durch die abgesteckten Linien gebildeten geometrischen Figuren nothwendig sind. Als Beispiel diene Tafel I. Fig. 7. Die Vermessung beginne im Punkte A, welcher so wie die Punkte D und E durch eine Flaggenstange bezeichnet ist. B und C sind durch die sich bemerkbar machenden Ecken des Zaunes bestimmt. Man mißt die Entfernung AB. Bei b angekommen, vermerkt man das Maß Ab; die Maße bc, ef, ed, fg, gh, hc, deren Richtungen von einander nach dem Augenmaße bemerklich rechtwinklig abgehen, werden mit einem Meßstabe oder am Besten mit einem Meßbande entnommen. Es werden dann ferner BC, CD, DE und AE, so wie die zur Construktion nothwendigen Diagonalen BD und AD gemessen. Tritt der Fall ein, daß ein Terraingegenstand, z. B. der Bach längs DE mehrfache Krümmungen hat, so

bemerkt man die wesentlichsten Krümmungspunkte, und bestimmt diese durch die Abcissen Di, il, ln, no, or, und durch die Ordinaten ik, lm, np, oq und rs. Ist eine Krümmung an einer Stelle bedeutend, so daß zur Bestimmung derselben unverhältnißmäßig lange Ordinaten nothwendig werden, so ist die Abcissenaxe, in einem Winkel sich anschließend, abzustecken und durch Maße zu bestimmen.

Wenn man die zeiterfordernde, aber ein genaueres Resultat gebende Messung der Diagonalen vermeiden will, oder wenn das Terrain in diesen Richtungen nicht gangbar ist, so kann man auch die Polygonwinkel bei A, B, C, D, E in der Art messen, daß man die Seiten eines Dreiecks mißt, welches den Polygonwinkel selbst, oder dessen Neben- oder Scheitelwinkel enthält. Als Länge der Seiten längs der Schenkel des Winkels ist aber nicht das Maaß unter 3 Ruthen zu nehmen, indem sonst ein zu geringer Grad der Genauigkeit erzielt wird. In der Zeichnung sind die Maaße des Dreiecks mit einem größeren Maaßstabe, etwa 3° = 1½ natürliche Zolle bedeutend, als der der Zeichnung überhaupt aufzutragen.

Es fördert sehr die Vereinfachung der Messungen und trägt zur Genauigkeit wesentlich bei, wenn solche Punkte geschickt auf dem Terrain benutzt werden, welche sich im Allignement zweier anderer, schon durch Maaße bestimmter, befinden.

Von einer Aufnahme lediglich durch Längenmeß-Instrumente wird man nur dann Gebrauch machen, wenn der Terrainabschnitt nur klein ist, der Maaßstab der Aufzeichnung verhältnißmäßig groß ist und Winkelmeß-Instrumente nicht vorhanden sind, indem diese Art der Aufnahme im Verhältniß zu der mit Winkelmeß-Instrumenten zu viel Zeit erfordert.

Zweites Kapitel.

Instrumente zur Winkelmessung in der horizontalen Ebene.

A. Das Kroquirbrett.

§. 20. Zur unmittelbaren Auftragung von Winkeln dient das Kroquirbrett oder Kroquirplanchett, welches von Holz oder von Pappendeckel, circa 8″ im □ groß, zum Zusammenklappen und mit einem

Handgriff versehen ist, oder auf einen Stock aufgesteckt werden kann. Beim Gebrauch hält man dieses Kroquirbrett möglichst horizontal, stellt sich in dem Scheitelpunkt des aufzutragenden Winkels auf und zieht in der Richtung der Schenkel mittelst eines kleinen Lineals Bleistiftlinien auf das mit Zeichnenpapier versehene Planchett. Diese Ausführung ist jedoch schwierig, wenn das Kroquirbrett nicht auf einen Stock oder auf einen Terraingegenstand aufgelegt werden kann. Es ist daher sonst praktisch zu empfehlen, sich auf dem Boden die Verlängerung der Schenkel zu traciren und den Winkel danach nach dem Augenmaaße auf das Papier zu übertragen.

B. Der Meßtisch.

§. 21. Der Meßtisch ist ein auf dem Terrain leicht aufzustellender Zeichnentisch, durch dessen Einrichtungen und mit Hülfe anderer Instrumente man jede Figur des Terrains im verjüngten Maaßstabe aufzutragen im Stande ist. Der Meßtisch ist von Johann Praetorius, Professor der Mathematik zu Altdorf (starb um 1616), erfunden worden, hat die allgemeinste Anwendung gefunden und im Laufe der Zeit durch das Bestreben, den Anforderungen an denselben zu entsprechen, die mannigfachsten Einrichtungen erhalten, von denen hier nur einige eine nähere Auseinandersetzung erhalten sollen.

Der Meßtisch besteht gewöhnlich aus drei Theilen: der Platte, dem Stativ und der Bewegungs-Einrichtung.

§. 22. Die **Meßtischplatte** (Tafel II. Figur 13.) wird so groß gemacht, daß man auf allen Theilen derselben mit Bequemlichkeit zum Zeichnen reichen kann; sie darf anderseits nicht zu klein sein, um auf einer Platte einen möglichst großen Terrainabschnitt aufnehmen zu können. Man giebt aus diesem Grunde der Meßtischplatte eine Größe von 18 bis 22 ddec″ Seite im Quadrat. Damit die Platte eine ebene untere und obere Fläche beibehält und sich nicht durch den Einfluß der Witterung wirft, wählt man für dieselbe eine feinfaserige Holzart, und läßt sie aus mehreren an einander gefügten Stücken bestehen, wo die Holzfasern nach verschiedenen Richtungen gehen. Um aber auch die Platte nicht zu schwer zu machen und um Nadeln leicht in das Holz stechen zu können, nimmt man gewöhnlich Lindenholz, und macht die Platte etwa ¾ bis 1 ddec″ stark. Auf der Mitte der un-

teren Fläche wird fast bei allen Meßtisch-Einrichtungen ein messingner Ring a, von 3 bis 4″ Durchmesser, mit einem etwas hervorstehenden Rande, durch drei Holzschrauben angeschraubt. Durch drei Flügelschrauben wird die Platte durch diesen Ring an die Scheibe der Bewegungs-Einrichtung angeschraubt, indem diese Schrauben durch die Löcher der Scheibe gehen und in Schraubengewinde des Ringes greifen. Eine kleine Messingplatte b, mit Stiftlöchern und Schraubengewinden an einer Seite der unteren Fläche der Meßtischplatte, zur Befestigung der Orientirboussole bringt man nicht mehr an, indem dieses Hülfs-Instrument anderweitig auf die Meßtischplatte aufgestellt wird. Auf der Meßtischplatte wird für den Gebrauch Zeichnenpapier aufgespannt, entweder wie auf einem Reißbrette, oder man klebt mit Eiweiß die ganze Fläche des Papiers, die Ränder mit Gummi arabicum auf.

§. 23. Das **Stativ.** Man unterscheidet im Allgemeinen dreierlei Arten: das **ältere,** das **Knauf-** und das **Teller-Stativ.**

1) Das ältere Stativ (Tafel I. Figur 10.) besteht aus einem hölzernen Stück A, welches oben eine messingne Platte i nebst Zapfen h besitzt, auf welcher die Hülse der horizontalen Bewegungs-Einrichtung des Instruments aufgesetzt wird. Das hölzerne Stück A endigt unten in einem dreiseitigen Prisma E, an deren drei Seitenflächen sich die platt gearbeiteten Stativbeine B, C, D anlegen und oben durch die Bolzen f und g nebst Flügelschrauben in jeder Auseinanderstellung befestigt werden können. Die Stativbeine sind unten mit stählernen Spitzen versehen. — Dies Stativ hat den Vorzug, leicht aufgestellt und transportirt werden zu können, aber den Nachtheil, daß es für die Benutzung des Meßtisches nicht hinreichend feststeht, daher findet es für den Meßtisch keine Anwendung, wohl aber für Wasser- und Quecksilber-Waagen, bei welchen Instrumenten ein so fester Stand des Stativs nicht erforderlich ist und wegen der nothwendigen häufigen Aufstellungen dieser Instrumente die große Leichtigkeit und Transportabilität gerade wünschenswerth ist.

2) Das Knauf-Stativ wird auch das Dresdener, Sächsische oder Lehmann'sche genannt. Dieses Stativ (Tafel I. Figur 12.) steht mit einem Theile der Bewegungs-Einrichtung in Verbindung. Es besteht aus einem starken messingnen Hohlcylinder a, bei welchem die innere Aushöhlung auch conisch sein kann, an demselben befinden

sich drei Lappen, Backen- oder Flügelcharniere b, die mit einem bogenförmigen Schenkel c versehen sind. Die Lappen dienen zur Befestigung der Beine d, indem diese in ihren Köpfen durchschlitzt sind, die Lappen umfassen, und mit Bolzen und Flügelschrauben e in jeder Auseinanderstellung befestigt werden können. Die bogenförmigen Schenkel sollen die Beine noch mehr gegen Schwankungen sichern. Die Beine selbst sind vierkantig, aus hartem Holz gefertigt, nach unten sich verjüngend, mit einem Absatz f zum Eintreten der Beine und mit einem spitzen eisernen Schuh g versehen. Dieses Stativ ist leicht und transportabel und bietet dem Meßtisch eine hinreichende Festigkeit.

3) Das Tellerstativ, auch Münchener oder Reichenbach'sche genannt, hat einen Teller oder kreisrunde Platte a (Tafel II. Figur 14 u. 15.), die, um sie leichter zu machen, auch ausgeschweift wird und aus zwei oder drei einzelnen zusammengefügten Platten besteht. Die Stativbeine sind oben cylinderisch abgerundet und aufgeschlitzt, passen in eine entsprechende Aushöhlung der Platte und sind mittelst Bolzen und daran befindlichen durchlochten Scheiben, welche in den Schlitz des Kopfes des Beines passen, und in diesem durch den Stift b (Figur 14.) festgehalten werden, mittelst Knebelschrauben d an die Platte des Stativs befestigt. In der Mitte der Platte ist ein Loch e, durch welches die entsprechende Einrichtung der Bewegung greift. Die Stativbeine sind mit einem Absatz zum Eintreten und einem spitzen stählernen Schuh versehen.

Das Tellerstativ gewährt dem Instrument eine feste Stellung daher dies Stativ auch zur Aufstellung derjenigen Instrumente dient, bei denen eine solche feste Stellung ganz besonders erforderlich ist, wie z. B. beim Theodoliten, und dem Nivellirdiopter. — Für den Meßtisch ist das Stativ etwas schwer, und nicht so leicht tragbar wie das Knaufstativ.

§. 24. Die **Bewegungs-Einrichtung**. Der Meßtisch erfordert eine doppelte Bewegung. Die Meßtischplatte muß einmal horizontal gestellt werden können, um den Winkel in der Horizontal-Projektion auftragen zu können, also eine Vertikal-Bewegungs-Einrichtung haben, und andrerseits, um einen Winkel an eine bestimmte Linie antragen zu können, muß der Meßtisch eine Horizontal-Bewegungs-Einrichtung haben. Beide Bewegungen müssen aber von der Art sein, daß sie mit gehöriger Sicherheit gehemmt werden können.

1) Der **Sächsische, Dresdner** oder **Lehmann'sche Meßtisch** hat zu seinen Bewegungs-Einrichtungen das Knaufstativ (Tafel I. Fig. 12.). In den messingnen Hohlcylinder paßt der messingne cylindrische Zapfen b, Centralzapfen genannt, mit einer scheibenartigen Erweiterung, welche auf einer Seite etwas größer ist. Den oberen Theil b umfaßt eine Hülse c, welche oben eine scheibenartige Erweiterung hat, mit welcher der Ring der Meßtischplatte durch die 3 Flügel- oder Lappschrauben g verbunden wird. Bei e hat die Hülse eine ringartige Erweiterung, an deren Seitenflächen Zähne eingeschnitten sind, in welche eine sogenannte Schraube ohne Ende d eingreift, welche auf der Erweiterung des Centralzapfens befestigt ist, und sich in zwei Pfannenlagern bewegt. Durch die Schraube h kann die Schraube ohne Ende mit ihren Pfannenlagern näher oder weiter an die Zähne e gestellt werden. Durch den Centralzapfen wird die sogenannte grobe Horizontal-Bewegung in dem Hohlcylinder bewirkt werden; dieselbe wird gehemmt durch eine durch den Hohlcylinder gehende Klemmschraube i. — Mittelst der Schraube ohne Ende kann außerdem, nachdem die grobe Horizontal-Bewegung gehemmt worden, eine sogenannte feine Horizontal-Bewegung der Hülse um den Centralzapfen vorgenommen werden. Die Vertikal-Bewegung wird durch das Eintreten der Füße des Stativs bewirkt, und nennt man diese eine grobe Vertikal-Bewegung.

Bei diesen Meßtisch-Einrichtungen hat die Meßtischplatte eine zu hohe Lage gegen ihren Unterstützungspunkt, und die Hemmung der groben Horizontal-Bewegung ist nicht hinreichend fest. Man hat daher in dieser Beziehung Verbesserungen getroffen, von denen insbesondere die Einrichtung zu erwähnen ist, welche der Meßtisch gegenwärtig zu den topographischen Arbeiten des Generalstabs besitzt.

Der Hohlcylinder f (Tafel I. Fig. 11.) ist nicht cylinderisch ausgehöhlt, sondern in Form eines abgekürzten Kegels, der Centralzapfen a hat eine dieser Aushöhlung entsprechende Form, wodurch sich der Zapfen besser dieser Aushöhlung anschließt, und eine bessere grobe Horizontal-Bewegung erzielt wird. Der Centralzapfen hat eine scheibenartige Erweiterung b zur Befestigung mit dem Ring der Meßtischplatte. Die Verstärkung c des Centralzapfens umfaßt ein federnder Klemmring d, welcher auf dem Hohlcylinder aufsitzt, und mittelst der Schraube e zusammengeschraubt werden kann, in welchem Fall

der federnde Ring sich an den Centralzapfen anklemmt, und dadurch die grobe Bewegung desselben hemmt. Der Klemmring hat an seinen Seitenflächen Zähne eingeschnitten, in welche die Gewinde einer Schraube ohne Ende mittelst eines Steges, an einen der Lappen des Knaufstativs befestigt, eingreifen. Wenn demnach der Klemmring festgeschraubt ist, erhält dieser mit dem dadurch verbundenen Centralzapfen durch die Schraube ohne Ende eine feine Horizontal-Bewegung.

2) Der **Schmiedeberg'sche Meßtisch** (Tafel II. Fig. 15.) hat ein Tellerstativ, auf welchem mittelst dreier kleiner messingner Säulchen e ein messingner Ring f befestigt ist. Durch das konische Loch g des Tellers geht der Centralzapfen a, an dessen scheibenartiger Erweiterung b der Ring der Meßtischplatte mittelst der Lappschrauben befestigt wird. Die Meßtischplatte ruht, wenn der Centralzapfen durch das Loch g gesteckt wird, auf dem messingnen Ring, und erhält dadurch eine breite Unterstützung. Wenn der Griff k mit Schraubengewinden i von unterhalb des Tellers in das Muttergewinde h des Centralzapfens festgeschraubt wird, so wird die Meßtischplatte an den messingnen Ring geklemmt, und dadurch eine Horizontal-Bewegung gehemmt. Der Meßtisch hat demnach nur eine grobe Horizontal-Bewegung. Die grobe Vertikal-Bewegung wird durch das Eintreten der Stativbeine bewirkt. Diese Einrichtungen sind sehr einfach, dauerhaft und billig, daher sie wohl geeignet sind für den Kriegsgebrauch, und wenn überhaupt eine sorgfältige und vorsichtige Handhabung eines Meßtisches nicht zu erwarten steht.

3) Der **Münchner Meßtisch**, von Reichenbach in München construirt. Ein konischer Centralzapfen a (Tafel II. Fig. 14.) mit der scheibenartigen Erweiterung b, womit er an den Ring der Meßtischplatte angeschraubt wird, ist von der Hülse cc, welche eine kugelartige Erweiterung hat, umgeben und liegt in einem Kessel d, welcher mit einem Zapfen durch das Loch des Tellerstativs geht, und in demselben von unterhalb des Tellers durch die Flügelschraube e befestigt wird. Die Hülse mit dem Centralzapfen hat in dem Kessel einen Spielraum, in welchem der Centralzapfen mittelst dreier horizontaler Stellschrauben f eine feine Vertikal-Bewegung erhält. Die Hülse c wird oberhalb wiederum durch eine Hülse g umgeben, an welcher sich an einer Stelle h das Pfannenlager für eine Mikrometerschraube befindet, welche in ein Muttergewinde greift, das an der

scheibenartigen Erweiterung des Centralzapfens befestigt ist. Wenn durch die Klemmschraube i die Hülse g an die Hülse c festgeklemmt wird, so kann durch die Mikrometerschraube eine feine Horizontal-Bewegung bewirkt werden. — Diese Meßtisch-Einrichtung besteht aus sehr vielen Theilen, und kann deshalb leicht schadhaft werden, und grade nicht eine feste Stellung der Meßtischplatte gewähren.

a. Meßtisch-Zubehör.

§. 25. Das **Dosenniveau** (Tafel II. Fig. 27.) wird gebraucht um nach dieser die Meßtischplatte horizontal stellen zu können. Es besteht aus einer messingnen runden Dose von etwa 2″ Durchmesser, welche oben mit einer planconcaven Glasplatte geschlossen ist. Durch eine, in der Regel an der unteren Fläche befindliche Oeffnung, welche mit einer Schraube a geschlossen werden kann, ist die Dose mit Weingeist gefüllt, doch so, daß noch eine Luftblase übrig bleibt. Der höchste Punkt der concaven unteren Fläche der Glasplatte muß sich in der Mitte befinden, und die untere Auflagerfläche bc der Dose parallel mit der Ebene liegen, welche diesen Mittelpunkt tangirt. Wenn demnach die Auflagerfläche des Dosenniveaus horizontal liegen soll, so muß die Luftblase in der Mitte der Glasplatte, welche durch einen eingravirten Kreis bezeichnet ist, einspielen. Will man das Dosenniveau in seiner Richtigkeit prüfen, so stellt man es auf die Meßtischplatte und giebt mittelst der Vertikal-Bewegungs-Einrichtung der Platte eine solche Lage, daß die Luftblase in der Mitte einspielt; wird alsdann das Dosenniveau auf der Ebene der Meßtischplatte um seine vertikale Axe gedreht, so muß die Luftblase in der Mitte verbleiben, im entgegengesetzten Falle ist die Auflagerfläche des Dosenniveaus nicht parallel mit der Fläche, welche die Mitte der concaven Fläche der Glasplatte tangirt, und muß durch Abschleifen corrigirt werden.

§. 26. **Visirlineale** dienen zunächst die Richtung der Schenkel eines Winkels auf die Meßtischplatte zu übertragen. Es ist dafür auch der Ausdruck Alhidade (arabischen Ursprungs) üblich, und man begreift unter diesem Ausdruck dann auch im Allgemeinen jede Einrichtung, mittelst der die Durchschnittslinie einer vertikalen Visirebene und der horizontalen Ebene, in der Regel die Instrumenten-Ebene, bestimmt wird. Als Visirlineale sind nachstehende gebräuchlich:

1) Das **gewöhnliche Diopterlineal.** (Tafel II. Figur 18.) Auf einem Lineal von Messing, 15 bis 18″ lang, 1½ bis 2″ breit, dessen eine Kante als Ziehkante abgeschärft ist, befinden sich an dieser an jedem Ende ein Diopter a a, welches mit Visirlöchern und einer Spalte, längs deren Mitte ein Pferdehaar angebracht, versehen ist. Die Visirlöcher, oder auch statt dessen eine schmale Visirspalte, dienen als Okulardiopter, während dann das andere Diopter mit der gegenüberliegenden Spalte mit Pferdehaar als Objektivdiopter dient. Da die durch Visirlöcher und Objektivspalte bestimmte Visirebene lothrecht durch die Ziehkanten des Lineals gehen muß, so wird dadurch die Ziehkante in die Richtung des auf die Meßtischplatte zu übertragenden Schenkels des Winkels gebracht.

2) Das **Lehmannsche Diopterlineal** (Tafel II. Fig. 19.) unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Diopterlineal dadurch, daß nur das eine Diopter a als Okulardiopter eingerichtet ist. — Es hat aber noch andere Einrichtungen, wodurch es in Verbindung mit dem Meßtisch noch eine andere Gebrauchsfähigkeit erhält. Das Objektivdiopter b kann an eine solche Stelle angeschraubt werden, daß die Entfernung der beiden Diopter so groß ist, als die Entfernung des obersten Visirloches a von dem untersten b. Die Entfernung ab ist an dem Objektivdiopter in cd an der, dem Okulardiopter zugekehrten Seite, so angetragen, daß c über der unteren Fläche des Lineals eben so hoch liegt, als das untere Visirloch b. Die Entfernung cd ist in hundert Theile auf beiden Seiten der Objektivspalte getheilt, und auf der einen Seite von oben nach unten, und auf der anderen von unten nach oben nummerirt. Außerdem ist ein Schieber e mit horizontalem Pferdehaar angebracht. Bei dieser Stellung des Objektivdiopters und dieser Einrichtung kann das Lehmann'sche Diopterlineal auf die horizontale Meßtischplatte gestellt, zu Höhenmessungen, wie dies später näher auseinander gesetzt werden soll, gebraucht werden.

Auf der anderen Seite des Objektivdiopters sind für dieselbe Stellung des Diopters die Tangenten der Winkel von 5—45 Grad angetragen, und mit den dazu gehörigen Winkeln beschrieben, jedoch so, daß auf der einen Seite der Objektivspalte die Tangenten von oben nach unten, und auf der anderen Seite von unten nach oben angetragen sind, so daß im ersteren Falle durch Einrichten des Schie-

bers nach einem Objekt von dem obersten Visirloch aus Tiefenwinkel, im letzteren Falle vom untersten Visirloche aus Höhenwinkel gemessen werden können.

3) Die **Kippregel** (Regel oder Lineal, kippen d. i., um einen Punkt auf- und niederbewegen) (Tafel II. Fig. 20.) ist ein messinges Lineal, wie bei den Diopterlinealen, nur statt der Diopter ist auf dem Lineal ein Fernrohr angebracht, das vertikal um eine horizontale Axe auf- und niederbewegt werden kann. Die Fernröhre haben für die Geodäsie ein besonderes Interesse und ist darüber hierbei etwa folgendes zu erwähnen.

Man unterscheidet vorzugsweise sogenannte astronomische und terrestrische Fernröhre. Das astronomische Fernrohr besteht aus einem biconvexen Objektivglase und einem biconvexen Okularglase, oder auch statt letzterem zwei planconvexe Gläser. Das Okularglas ist von dem Objektivglase in der Summe der Brennweiten der beiden Gläser von einander entfernt. Durch das Objektivglas wird von einem Gegenstande in dem Brennpunkte ein physisches Bild hervorgerufen, aber umgekehrt, und durch das Okularglas wird dieses umgekehrte physische Bild vergrößert. Man sieht das Richtobjekt als physisches Bild größer und demnach deutlicher und schärfer. Die terrestrischen Fernröhre haben vor dem Okularglase noch andere Gläser, durch welche von dem physischen Bilde erst wieder ein neues Bild, aber aufrecht verursacht wird, so daß man bei den terrestrischen Fernröhren ein Bild vom Bilde sieht. Durch diese mehrfache Brechung der Lichtstrahlen erscheint zwar ein Objekt größer und dadurch deutlicher, aber es geht anderseits Licht verloren, und das Objekt ist nicht so scharf begrenzt, wie bei den astronomischen Fernröhren, was aber für geodätische Operationen um so nothwendiger ist, als die Richtobjekte sehr dünn und nicht immer grade besonders beleuchtet sind. Die astronomischen Fernröhre sind aber anderseits für geodätische Arbeiten auch deßhalb die geeigneteren, weil sich in denselben zur genaueren Feststellung der Visirebene ein Fadenkreuz im Brennpunkte des Okular- und Objektivglases anbringen läßt. Die Fäden dazu müssen sehr dünn sein, weil sie durch das Okularglas vergrößert erscheinen, und bestehen daher in der Regel aus sehr feinem Golddraht.

An dem Fernrohr der Kippregel ist ein auf der Axe des Fernrohrs rechtwinklig stehender Index mit Nonius angebracht, der an

einem Gradbogen mit entsprechender Eintheilung die Messung von Höhen- und Tiefenwinkeln gestattet.

Der Kippregel werden aber auch Einrichtungen gegeben, mittelst welcher Entfernungen gemessen werden können. In dem Fadenkreuz sind zu dem Zweck noch die Fäden a und b (Tafel II. Fig. 21.), in gleicher Entfernung von dem Faden c angebracht, so daß durch die Vergrößerung des Okularglases durch die Fäden a und b eine bestimmte Größe eines Vertikal-Sehwinkels festgestellt wird. Die Größe dieses Sehwinkels ist nun so eingerichtet, daß, wenn eine Latte, Distanzlatte genannt, in Zolle eingetheilt, und diese in einer beliebigen Entfernung senkrecht zur Axe des Fernrohrs aufgestellt wird, der Sehwinkel so viel Zolle einnimmt, als die Distanzlatte sich Ruthen entfernt befindet. Die Distanzlatte hat gewöhnlich eine Länge von 9 dec′ und ist an derselben eine Eintheilung von 80 dec″ in der Art bewerkstelligt, daß 10 dec″ und 5 dec″ durch das Fernrohr leicht unterschieden werden können. Es kann demnach die Distanzlatte bis zu einer solchen Entfernung aufgestellt werden, daß die durch die Fäden a und b bestimmte Größe des Sehwinkels 80 dec″ einnimmt, und diese Entfernung ist dann gleich 80 Ruthen. Sollen größere Entfernungen als 80 Ruthen durch diese Lattenstellungen gemessen werden, so ließt man die Anzahl der Zolle an der Distanzlatte ab, welche der Sehwinkel einnimmt, der durch den mittleren und einem der äußeren Fäden, also einem halb so großen Sehwinkel als durch die Fäden a und b, gebildet wird. Jeder an der Distanzlatte abgelesene Zoll entspricht dann 2 Ruthen Entfernung, und es können demnach dann durch die Distanzlatte überhaupt Entfernungen bis zu 160 Ruthen gemessen werden. Ein weiteres in Betreff dieses Gebrauches s. III Kapitel A und VII Kapitel B.

§. 27. **Prüfung der Visirlineale.** Um zu untersuchen, ob die durch ein Okular- und ein Objektivdiopter oder durch den senkrechten Faden des Fadenkreuzes bestimmte Visirebene auch senkrecht zur unteren Fläche des Lineals steht, stellt man das Visirlineal auf die möglichst genau horizontal gestellte Meßtischplatte, und visirt nach einem aufgehängten Loth; es müssen dann das Pferdehaar oder der senkrechte Faden des Fadenkreuzes mit der Schnur des Lothes gleichlaufend sein.

Um zu untersuchen, ob die Visirebene durch die Ziehkante des Lineals geht oder doch mit derselben parallel liegt, visirt man mit dem

Visirlineal, welches man so an der Ecke der Meßtischplatte auflegt, daß die Diopter oder das Fernrohr nach unten hängen, nach einem sich scharf marquirenden Richtpunkt, und zieht längs der Ziehkante auf die Meßtischplatte eine Bleilinie, dann wird das Visirlineal mit aufrechtstehenden Diopteren oder Fernrohr auf die Ziehkante genau an die vorhin gezogene Linie angelegt, wo dann das Visirlineal nach demselben Richtobjekt gerichtet sein muß, oder man visirt das zweitemal von einem Punkt der zuerst gezogenen Linie nach dem Richtobjekt, und eine längs der Ziehkante gezogene Linie muß mit der ersteren zusammenfallen, wenn das Visirlineal der gemachten Anforderung entspricht.

§. 28. Die **Orientirboussole** (Tafel II. Fig. 16.) besteht aus einer messingenen runden Büchse von etwa 2″ Durchmesser, welche auf einer Platte befestigt und oben mit einer Glasplatte verschlossen ist. In der Büchse befindet sich ein Kreisring, welcher eine Gradeintheilung besitzt in der Art, daß die durch 0° und 180° gehende Linie mit einer Kante der Platte parallel geht. In dem Mittelpunkt des Kreisringes ist ein Stift angebracht, auf welchem sich mittelst eines Hütchens eine Magnetnadel bewegt, die durch eine Arretirungs-Vorrichtung in der freien Bewegung gehemmt werden kann.

Eine bessere und jetzt mehr gebräuchliche Orientirboussole besteht (Tafel II. Fig. 17.) in einem Kästchen in Form eines Rechtecks von etwa 6″ Länge und 1½″ Breite, welches oben mit einer Glasplatte geschlossen ist, in demselben ist eine sich frei bewegende Magnetnadel von 4 bis 5″ Länge mit einer Arretirungs-Vorrichtung angebracht. Genau parallel mit einer der langen Seiten des Rechtecks ist durch den Stützpunkt der Magnetnadel auf dem Boden eine Linie marquirt und den Polen der Magnetnadel entsprechend bezeichnet. An diese Pole sind auch Stücke von Kreisbogen mit einer Gradeintheilung angebracht. Die Orientirboussole dient dazu, der Meßtischplatte eine solche Lage (Orientirung) bei Aufstellung des Meßtisches auf jedem Punkte des Terrains zu geben, daß eine Linie der Platte, in der Regel einer Kante derselben parallel laufend, nach dem magnetischen oder unter Berücksichtigung der magnetischen Abweichung nach dem wahren Norden gerichtet ist. Je länger die Magnetnadel desto genauer kann diese Orientirung erfolgen; daher sind die in Form eines Rechtecks mit längeren Magnetnadeln eingerichteten Orientirboussolen vortheilhafter, als die älteren mit etwa 2″ langen Magnetnadeln.

§. 29. Die **Einlothgabel** wird gebraucht der Meßtischplatte eine solche Stellung zu geben, daß ein bestimmter Punkt auf derselben lothrecht über einen Punkt auf dem Terrain zu liegen kommt. Dieses Instrument ist aber in der Regel entbehrlich, indem bei großem Maßstabe diese Uebereinstimmung nur in Betracht kommt, und sie dann nach bloßem Augenmaße mit hinreichender Genauigkeit bewirkt wird.

§. 30. **Anschlagnadeln** werden in bestimmte Punkte der Meßtischplatte eingesteckt, wenn ein Visirlineal, genau und leicht, entweder an zwei bestimmte Punkte der Meßtischplatte angelegt, oder von einem bestimmten Punkte eine Visirung mit dem Visirlineale vorgenommen werden soll. Man benutzt dazu Nähnadeln, die um sie bequem einstecken zu können, mit einem Kopf von Siegelack oder Holz versehen werden.

b. Elementar-Operationen mit dem Meßtisch.

§. 31. Die **Aufstellung** oder **Stationirung** des Meßtisches bezieht sich darauf, dem Punkte auf der Meßtischplatte, an welchen als Scheitelpunkt ein Winkel aufgetragen werden soll, durch Stellen des ganzen Meßtisches eine solche Lage zu geben, daß er entsprechend lothrecht über den Scheitelpunkt des Winkels auf dem Terrain zu liegen kommt. Die Anforderung an die Genauigkeit dieser lothrechten Uebereinstimmung hängt von dem Maßstabe ab, in dem eine Aufnahme auf der Meßtischplatte erfolgen soll. Es kann als Regel hingestellt werden, daß die Abweichung dieser lothrechten Stellung niemals so groß sein darf, daß sie auf dem Maßstabe noch einen Längenausdruck finden kann. Der Meßtischplatte muß darauf mittelst des Dosenniveaus und der Vertikal-Bewegungs-Einrichtung eine horizontale Lage gegeben werden.

§. 32. Eine zweite Operation ist die **Orientirung**, diese besteht entweder darin, der Meßtischplatte mittelst der Orientirboussole eine gewisse Lage gegen die Himmelsgegenden zu geben, oder die Platte in solche Lage zu bringen, daß die etwa schon darauf befindlichen Linien mit den homologen Linien auf dem Terrain parallel oder in einer Vertikal-Ebene liegen. Es muß zu dem Ende eine durch den Standpunkt gehende Linie schon bestimmt sein; es wird die Ziehkante des Visirlineals an diese Linie angelegt, und der Meßtisch so horizontal gedreht, daß das Visirlineal in der Vertikal-Ebene der entsprechenden Linie auf dem Terrain zu liegen kommt, wobei jedoch auf die Uebereinstimmung der lothrechten Stellung des Punktes auf der Meß-

tischplatte und dem Terrain Rücksicht zu nehmen ist, indem bei großem Maßstabe durch diese Orientirung eine wesentliche Abweichung hervorgebracht werden kann, die dann durch eine erneuerte angepaßtere Aufstellung des ganzen Meßtisches auszugleichen ist.

§. 33. Soll eine Linie AB (Tafel II. Fig. 22.) auf dem Terrain in einem bestimmten Maßstabe von dem Punkte a aus angetragen werden, jedoch so, daß sie auf der Meßtischplatte mit der auf derselben verzeichneten astronomischen Nordlinie NS einen eben so großen Winkel bildet, als auf dem Terrain, so stationirt man den Meßtisch in A, stellt die Orientirboussole genau an die Linie NS, und dreht den Meßtisch horizontal, bis die Magnetnadel um so viel Grad von der Nordlinie in der Orientirboussole abweicht, als für den Ort und die Zeit der Aufnahme die magnetische Abweichung beträgt. Dann wird die Horizontalbewegung sorgfältig gehemmt, und das Visirlineal an eine in a gesteckte Anschlagnadel gestellt, und nach B visirt, eine Visirlinie ab gezogen, und auf dieser das Längenmaß von AB in dem betreffenden Maßstabe in ab aufgetragen. Es gilt hierbei als Regel, daß ab in diesem Falle nicht länger sein darf als die Länge der Magnetnadel in der Orientirboussole beträgt.

§. 34. Es sind die Punkte A und B (Tafel II. Fig. 23.) auf dem Terrain in ihrer Lage gegen die Nordlinie auf der Meßtischplatte in ab in einem bestimmten Maßstabe aufgetragen, man soll einen dritten Punkt C auf dem Terrain auf die Meßtischplatte übertragen. Man stationirt den Meßtisch in A, legt das Visirlineal an ab, und dreht die Meßtischplatte mittelst der Horizontal-Bewegung so, daß das Visirlineal nach B eingerichtet ist, und hemmt die Horizontal-Bewegung; man bezeichnet diese Operation mit, „der Meßtisch wird nach B orientirt.“ Mit dem Visirlineal wird darauf von a nach C visirt, und an der Stelle ein Stück Visirlinie ac gezogen, wo voraussichtlich der Punkt C ungefähr zu liegen kommt. Der Meßtisch wird hierauf in B stationirt, und nach A orientirt, von b aus nach C visirt, und die von a gezogene Visirlinie geschnitten. Der Schnittpunkt c entspricht der Lage des Punktes C auf dem Terrain. Man nennt diese Operation **das Vorwärtsabschneiden.**

§. 35. Es sind zwei Punkte A und B (Tafel II. Fig. 24.)

des Terrains auf der Meßtischplatte in einem bestimmten Maßstabe in a und b aufgetragen, es soll ein dritter Punkt C des Terrains auf die Meßtischplatte aufgenommen werden. Der Punkt B hat hierbei aber die Eigenschaft, daß auf demselben eine Meßtisch-Aufstellung nicht möglich ist.

Man stationirt den Meßtisch in A, orientirt ihn mit dem Visirlineal an ab nach B, visirt von a nach C, und zieht an entsprechender Stelle das Stück Visirlinie ac. Der Meßtisch wird hierauf in C stationirt, und durch Anlegung des Visirlineals an ac nach A orientirt. Darauf visirt man über b nach B, und schneidet die Visirlinie ac in c. Dieser Schnittpunkt entspricht dann dem Punkte C. Man nennt diese Operation **das Seitwärtsabschneiden.**

§. 36. Es sind A und B (Tafel II. Fig. 25.) des Terrains, nach der Nordlinie orientirt auf der Meßtischplatte in einem Maßstabe aufgetragen, es soll der seitwärts liegende Punkt C auf die Meßtischplatte aufgenommen werden, über die Punkte A und B kann aber keine Aufstellung des Meßtisches erfolgen.

Man stationirt den Meßtisch über C, stellt die Orientirboussole an die Nordlinie NS und dreht die Meßtischplatte horizontal, bis die Magnetnadel nach der Nordlinie einspielt. ab wird dann parallel AB liegen. Man visirt hierauf über a nach A, und b nach B, so entspricht der Durchschnittspunkt c der Visirlinie dem Punkt C des Terrains. Man nennt diese Operation **das Rückwärtseinschneiden nach zwei Punkten,** ist aber nur dann mittelst der Orientirboussole als einigermaßen zuverlässig auszuführen, wenn der Punkt c von dem weitesten der Punkte a oder b sich nicht weiter entfernt befindet, als die Länge der Magnetnadel beträgt.

Eine andere Operation für diesen Fall ist folgende: (Tafel II. Fig. 26.) Man stationirt den Meßtisch auf einen Hülfspunkt D, der mit C ungefähr parallel AB, und von C etwa nicht weniger als $\frac{1}{3}$ AB entfernt liegen muß. Der Meßtisch wird in D nach dem Augenmaß oder nach der Orientirboussole orientirt, man visirt über a nach A, und über b nach B; von dem Durchschnittspunkt d dieser Visirlinien visirt man nach C. Der Meßtisch wird hierauf in C stationirt und, das Visirlineal an c'd gelegt, nach D orientirt. Dann

visirt man von b nach B, und schneidet mit dieser Visirlinie dc′ in c′. Von c′ visirt man dann nach A, und schneidet die von d nach a gehende Visirlinie in a′, dann ist Viereck ABCD ∾ a′bc′d, und da c′d in CD liegt, so ist a′b parallel AB. Man bringt dann ab in die Lage von a′b, indem man an a′b das Visirlineal anlegt und sich ein scharf marquirendes Objekt E merkt oder besonders absteckt, welches sich in der Richtung von a′b befindet. Das Visirlineal wird dann an ab angelegt und die Meßtischplatte horizontal gedreht, bis das Visirlineal in die Richtung nach E gekommen ist; dann ist nur noch nöthig über a nach A, und über b nach B zu visiren. Der Durchschnittspunkt der Visirlinien entspricht dann dem Punkte C. Diese Operation ist sehr umständlich und zeiterfordernd, und findet in der Praxis keine Anwendung.

§. 37. Es sind zwei Punkte A und B (Tafel III. Fig. 28.) des Terrains in einem bestimmten Maßstabe auf die Meßtischplatte in a und b aufgetragen, es soll ein dritter Punkt C des Terrains, welcher sich aber entweder zwischen A und B oder in der Verlängerung der Richtung AB befindet, auf die Meßtischplatte aufgenommen werden.

Man stationirt den Meßtisch in C, und orientirt ihn über ab nach B, und untersucht, ob auch der Meßtisch über ba nach A orientirt ist; ist es nicht der Fall, so muß die Aufstellung des Meßtisches dem entsprechend verändert werden, damit ab lothrecht über AB zu liegen kommt, und die Orientirung nach beiden Seiten übereinstimmt. Man steckt dann eine Anschlagnadel in der Linie ab in dem Punkte c′ ein, welcher sich lothrecht über C befindet, und visirt von c′ nach einem seitwärts liegenden Hülfspunkt D, welcher durch eine Absteckstange bezeichnet ist, und zieht die Visirlinie c′d′. Der Meßtisch wird hierauf in D stationirt, über der Linie c′d′ nach C orientirt, und über a nach A und b nach B visirt. Der Durchschnittspunkt d dieser Visirlinien entspricht zunächst dem Punkte D; wird nun von d nach C visirt, so entspricht der Durchschnittspunkt c dieser Visirlinie mit ab dem Punkte C.

Diese Operation ist für diesen besonderen Fall auch ein Rückwärtseinschneiden, welcher Ausdruck im Allgemeinen dann gebraucht wird, wenn bei der Operation zur Bestimmung eines Punktes eine

Aufstellung des Meßtisches auf keinem der auf der Meßtischplatte gegebenen Punkte stattgefunden hat.

§. 38. Es sind drei Punkte A, B, C, des Terrains (Tafel III. Fig. 29.) in einem bestimmten Maßstabe auf die Meßtischplatte in a, b, c aufgetragen, es soll ein vierter Punkt D, welcher sich in dem Allignement entweder innerhalb oder außerhalb der gegebenen Punkte, z. B. zwischen AC befindet, aufgenommen werden.

Man stationirt den Meßtisch in D, orientirt ihn über ac nach C so, daß er auch über ca nach A orientirt ist, und visirt über b nach B; der Durchschnittspunkt d dieser Visirlinie mit ac entspricht dem Punkte D.

§. 39. Sind wenigstens drei Punkte des Terrains auf der Meßtischplatte gegeben, und es soll ein neuer Punkt, ohne daß er sich im Allignement der 3 Punkte befindet, durch Rückwärtseinschneiden aufgenommen werden, so ist zunächst die Lage des aufzunehmenden Punktes gegen die Punkte, nach denen rückwärts eingeschnitten werden soll, zu unterscheiden.

Ein Punkt kann gegen ABC (Tafel III. Fig. 30.) die Lage von 1, 2, 3, 4 haben. In 1., sagt man, der Punkt befindet sich einer Seite des Terraindreiecks gegenüber, aber innerhalb der Kreislinie, welche durch ABC geht; in 4., einer Seite gegenüber, aber außerhalb der Kreislinie; in 2., einer Ecke des Terraindreiecks gegenüber, und in 3., innerhalb des Dreiecks.

Bei den meisten Operationen durch Rückwärtseinschneiden nach drei Punkten geht man von der Voraussetzung aus, daß, wenn (Tafel III. Fig. 31.) der Meßtisch in E stationirt und so orientirt hätte werden können, daß ab $\#$ AB, bc $\#$ BC, ac $\#$ AC liegt, die Visirlinie aA, bB, cC sich in einem Punkte e schneiden müssen, und dieser Punkt e dann dem Punkte E des Terrains entspricht, weil Viereck ABCE $\sim$ abce ist. Wenn nämlich die Visirlinie Cc die Visirlinie bB nicht in e, sondern in e' schnitte, so würde, da ab, bc, ac in einem bestimmten Verhältniß zu AB, BC, AC auf die Meßtischplatte aufgetragen sind:

$$AB : ab = BC : bc.$$

Weil im $\triangle$ ABe und $\triangle$ abe, ab $\#$ AB ist, so ist

$$AB : ab = Be : be.$$

Weil im $\triangle$ BCe' und bce', bc $\#$ BC ist, so ist

$$BC : bc = Be' : be'$$

$$Be : be = Be' : be'$$

$$\underbrace{Be - be}_{Bb} : be = \underbrace{Be' - be'}_{Bb} : be'$$

$$be = be'$$

wornach e' in e fallen muß.

Nur in einem Falle, wenn der Punkt E in einer durch die Punkte A, B, C gehende Kreislinie sich befindet, werden die Visirlinien, auch wenn die Seiten des Dreiecks auf dem Meßtisch nicht parallel den Seiten des Dreiecks auf dem Terrain liegen, der Meßtisch also nicht orientirt ist, sich stets in einem Punkte schneiden, weil (Tafel III. Fig. 32.) die Visirwinkel Ae'B und Be'C als Peripherie-Winkel gleich sein müssen den Visirwinkeln AeB und BeC bei orientirter Stellung der Meßtischplatte. Man wird daher, da bei Bestimmung des Punktes in der Regel immer mehr als 3 Punkte gegeben sind, solche 3 Punkte zum Rückwärtseinschneiden wählen müssen, von denen das Augenmaß unzweifelhaft die Ueberzeugung giebt, daß der Punkt E sich nicht in deren Peripherie befindet.

§. 40. Von den vielen Methoden des Rückwärtseinschneidens nach drei Punkten sollen nur nachstehende angeführt werden.

1) **Mittelst der Orientirboussole.** Man stationirt den Meßtisch in dem zu bestimmenden Punkte, und orientirt denselben wie im §. 33. mittelst der Orientirboussole. — Ist die Entfernung des Stationspunktes von einem der nächsten gegebenen Punkte nicht größer, als die Länge der Magnetnadel, so kann es gelingen, daß sich die Visirlinien über den auf dem Meßtisch gegebenen Punkten nach den Punkten auf dem Terrain genau in einem Punkte schneiden.

2) Die **Methode mittelst Construction excentrischer Kreise.** (Tafel III. Fig. 33.) Der Meßtisch wird in E stationirt und mit Hülfe der Orientirboussole oder auch blos nach dem Augenmaße orientirt, dann visirt man über a nach A, b nach B und c nach C, und erhält durch die Visirlinien die Durchschnittspunkte k, h, i; man schlägt dann einen Kreis durch a, b und den Durchschnittspunkt i der Visir-

linien durch diese Punkte; der Mittelpunkt dieses Kreises wird am leichtesten gefunden, wenn ai und bi mit dem Zirkel in o und q halbirt wird, und in diesen Punkten Senkrechte gezogen werden, deren Durchschnittspunkt m der Mittelpunkt ist. Von diesem Kreise wird aber nur in der Nähe des muthmaßlichen Punktes e ein Stück Kreisbogen gezogen. In gleicher Art wird durch bi und dem Durchschnittspunkt h der Visirlinien durch diese Punkte durch Halbirung der Linien bh und hc in r und p um den Durchschnittspunkt n, der von r und p ausgehenden Senkrechten ein Kreisbogen gezogen, welcher den ersteren in e schneidet. Dieser Punkt e entspricht dann dem Punkte E des Terrains, denn in e scheiden sich ae, be, ec, welche Linien auch Visirlinien sein müssen, denn der Winkel α ist als Peripheriewinkel gleich dem Visirwinkel α', und β ist als Peripheriewinkel gleich dem Visirwinkel β', α' ist aber = BEC, β' = AEB, obgleich sowohl der Scheitelpunkt h als i vielleicht nicht lothrecht über E liegen, aber die Verschiedenheit der Lage dieser Scheitelpunkte gegen den eigentlich richtigen, hat bei der im Verhältniß bedeutenden Entfernung der Richtobjekte und bei dem Maßstabe der Aufnahme, bei dem man von der Operation des Rückwärtseinschneidens Gebrauch macht, keinen bemerkbaren Einfluß auf die Größe des Visirwinkels. Diese Methode des Rückwärtseinschneidens erfordert eine genaue und sorgfältige Ausführung der Construktionslinien, indem sonst das Resultat leicht ein unrichtiges werden kann; die vielen Construktionslinien und die Zeiterforderniß machen es außerdem für die Praxis wenig empfehlenswerth.

3) Die Methode mittelst Umtragen der Peripheriewinkel, oder auch **Potenot**'sche Methode genannt. Nimmt man den Punkt e der Meßtischplatte als den richtigen an, wie in Tafel III. Fig. 34., wo er sich einer Seite, in Fig. 35. einer Ecke gegenüber, und in Fig. 36. innerhalb des Dreiecks befindet, und schlägt um a, e, c einen Kreis, verbindet e mit b und verlängert diese Linie bis h, verbindet ferner h mit a und c, dann ist $\angle$ hac = $\angle$ α, weil diese Winkel auf dem Kreisbogen hc ruhen, und $\angle$ hca = $\angle$ β, weil diese Winkel auf dem Kreisbogen ha ruhen. In Fig. 36. ist $\angle$ hac = $\angle$ (180 — α), und $\angle$ hca = $\angle$ (180 — β). Es wird deshalb nur nöthig sein, an ac in a den Visirwinkel α und in c den Visirwinkel β, demnächst aber an die

Verlängerung von bh über c nach C den Visirwinkel α anzutragen, dann muß der Scheitelpunkt e dem Punkte E des Terrains entsprechen, indem auch aeh dem linken Visirwinkel β gleich sein muß.

Um diese Operation in der Praxis auszuführen, verfährt man folgendermaßen:

Man legt das Visirlineal an ac, und orientirt den Meßtisch über ac nach c, visirt darauf über a nach B, und zieht bei h ein Stück Visirlinie, so ist dadurch der Visirwinkel BEC (α) an ac in a angetragen. Das Visirlineal wird hierauf an ac angelegt, der Meßtisch damit über ca nach A orientirt, von c nach B visirt, und das vorhin gezogene Stück Visirlinie in h geschnitten; es ist dadurch an ac in c der Visirwinkel AEB (β) angetragen worden. Das Visirlineal wird alsdann an b und h angelegt, der Meßtisch über bh nach B orientirt, über c nach C visirt, und die verlängerte bh in e geschnitten, dann muß das Visirlineal, an ea angelegt, nach A gerichtet sein, und e dem Punkte E des Terrains entsprechen.

Was die Zweckmäßigkeit dieser Methode des Rückwärtseinschneidens anbetrifft, so ist die öftere Veränderung der Orientirung der Meßtischplatte umständlich, und die Anwendung ist in mehreren Fällen beschränkt. In Figur 34. wird der Meßtisch nach einer nur kurzen Linie bh orientirt werden können, was kein hinreichend genaues Resultat giebt; in Figur 35. ist dies zwar nicht der Fall; die Lage der Punkte a, b, c und die Größe der Visirwinkel aber können zur Folge haben, daß der Schnittpunkt h außerhalb der Meßtischplatte zu liegen kommt.

4) Die **Lehmann**'sche Methode, oder auch genannt: die Methode mittelst Annäherung, oder eines fehlerzeigenden Dreiecks. Wenn man in Fig. 33. von dem Punkte e die Senkrechten ey, ex, ez auf die Visirlinien ki, hb und ia zieht, welche bei nicht orientirtem Meßtisch das $\triangle$ khi, das fehlerzeigende Dreieck genannt, bilden, so sind die rechtwinklichen $\triangle\triangle$ cey, bex und aez ähnlich den $\angle \varepsilon = \angle \delta$, weil beide auf dem Kreisbogen he ruhen, und $\angle \gamma = \angle \delta$, weil beide auf dem Kreisbogen ie ruhen, und es verhält sich demnach

$$ep : ex : ez = ec : eb : ea.$$

Das heißt: Die Entfernungen des Punktes e von den Visirlinien, welche das fehlerzeigende Dreieck bilden, verhalten sich, wie

die Entfernungen des Punktes e von den drei anvisirten Punkten a, b, c.

Hierzu tritt noch die Betrachtung:

Befindet sich der Punkt E des Terrains innerhalb des Dreiecks ABC, so kommt der Punkt e auch innerhalb des fehlerzeigenden Dreiecks zu liegen (Fig. 37., 1.).

Befindet sich der Punkt E außerhalb des Dreiecks ABC, aber innerhalb des um ABC gedachten Kreises, so kommt der Punkt e außerhalb des fehlerzeigenden Dreiecks an derjenigen Seite desselben zu liegen, welche durch die mittlere Visirlinie gebildet wird (Fig. 37., 2.).

Befindet sich der Punkt E einer Seite des Dreiecks ABC gegenüber, aber außerhalb des um A, B, C gedachten Kreises, so liegt der Punkt e der Ecke des fehlerzeigenden Dreiecks gegenüber, welche durch die beiden äußern Visirlinien gebildet wird (Fig. 37., 3.).

Befindet sich der Punkt E einer Ecke des Dreiecks ABC gegenüber, so liegt der Punkt e an der Seite des fehlerzeigenden Dreiecks, welche durch die mittlere Visirlinie gebildet wird (Fig. 37., 4.).

Die Methode durch Annäherung findet, wie folgt, ihre praktische Ausführnng.

Nachdem der Meßtisch über den Punkt E stationirt worden, wird er entweder nur nach dem Augenmaße, oder mittelst der Orientirboussole einigermaßen orientirt. Sind mehrere gegebene Punkte sichtbar, so wählt man vier Punkte A, B, C, D aus, von denen bei drei Punkten A, B, C das Augenmaß unzweifelhaft zeigt, daß sich der Punkt E nicht in der Peripherie des durch diese drei Punkte gelegten Kreises befindet. Man visirt dann über a nach A, über b nach B und über c nach C; schneiden sich die Visirlinien nicht in einem Punkte, sondern bilden sie ein fehlerzeigendes Dreieck, so wird das Augenmaß hinreichen, um zu erkennen, in welcher Lage sich der Punkt E zu A, B, C befindet, z. B. innerhalb des Kreises der Seite AC gegenüber: man wählt dann einen Punkt an der mittleren Visirlinie des fehlerzeigenden Dreiecks, der sich von den drei Visirlinien in demselben Verhältniß entfernt befindet, als von den Punkten A, B, C; und diese letzteren Entfernungen als die Maßgebenden schätzt man nach dem Augenmaße. Der gewählte Punkt wird durch einen Bleistiftspunkt bezeichnet, und das Visirlineal an diesen und an denjenigen von den drei anvisirten Punkten des Meßtisches angelegt, welcher der entfernteste ist, wonach

der Meßtisch am genauesten orientirt wird. Man visirt dann wiederum über a nach A, über b nach B, über c nach C; bilden die Visirlinien dann wieder ein fehlerzeigendes Dreieck, was wenigstens schon kleiner ausfällt, so wiederholt man das Verfahren, wie zuerst erwähnt worden, bis man es erreicht, daß die Visirlinien sich in einem Punkte schneiden. Um eine Sicherheit der richtigen Lage des Punktes zu haben, untersucht man, ob eine Visirlinie nach einem vierten Punkte ebenfalls diesen Punkt schneidet.

Diese Methode erscheint für die Praxis die empfehlenswertheste.

C. Die Boussole.

§. 41. Die Boussole besteht (Taf. IV. Fig. 38.) aus einer Büchse oder Gehäuse von Messing, einem auf einer Platte stehenden hohlen, aber mit einem Glasdeckel geschlossenen Cylinder, mit einem gewöhnlich in $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ Grade abgetheilten Kreisringe im Innern. In der Mitte dieses Kreisringes ist auf einem Stifte eine Magnetnadel 5 bis 6″ lang, frei beweglich, und kann durch eine Arretirungs-Vorrichtung festgestellt werden. Unmittelbar an der Platte sind in angemessener Entfernung zwei Diopter, als Okular- und Objektivdiopter angebracht, und zwar so, daß die durch diese Diopter bestimmte Visirebene durch die Grad-Theilungsstriche 0 und 180 Grad geht, oder es ist statt der Diopter (Fig. 39.) unterhalb der Boussolenbüchse A zwischen zwei Backen ein Fernrohr B, vertikal beweglich, in derselben Richtung, wie die Diopter angebracht. Statt eines Fernrohrs findet man auch deren zwei übereinander, so daß das eine die Stellung hat, daß das Okularglas auf der Seite des Theilungsstriches 0 Grad, und das andere das Okularglas an der Seite des Theilungsstriches 180 Grad hat. Die Boussole muß eine Horizontal- und eine Vertikal-Bewegungs-Einrichtung haben, die auf verschiedene Weise vorhanden sein können. Gewöhnlich ist, wie in Fig. 39., mittelst eines Dreifußes C die Boussole auf ein Tellerstativ gestellt, und mit den in den drei Füßen befindlichen Vertikal-Stellschrauben kann die feine Vertikal-Bewegung bewirkt werden. Die grobe und feine Horizontal-Bewegung ist ähnlich, wie am Meßtisch. Als Hülfs-Instrument dient das Dosenniveau, welches entweder auf die Glas-

platte behufs Horizontalstellung aufgelegt wird, oder es ist an angemessener Stelle mit dem Instrument in D in Verbindung gebracht.

§. 42. Als Instrument zur Aufzeichnung der Winkelmessungen mittelst der Boussole dient der **Transporteur**; derselbe besteht entweder aus einem Halbkreise, oder aus einem ganzen Kreise von Messing, wo die Peripherie eine eben solche Gradeintheilung besitzt, als der Kreisring der Boussole. Die Grade sind aber in der entgegengesetzten Richtung, als bei der Boussole beschrieben. Der Mittelpunkt ist besonders marquirt.

a. Elementar-Operationen mit der Boussole.

§. 43. Wenn in Tafel IV. Fig. 40. die Punkte A, B, C des Terrains aufgenommen werden sollen, so wird die Boussole in einem dieser Punkte, z. B. in A stationirt, das heißt, das Instrument wird mit seiner Mitte lothrecht über A aufgestellt, mittelst des Dosenniveaus dem Kreisringe eine horizontale Stellung gegeben, und die Arretirung der Magnetnadel aufgehoben, so daß sie die Stellung nach dem magnetischen Norden annimmt. Mittelst der Horizontal-Bewegung werden die Diopter in die Richtung nach B gebracht, und an der Nadel, welche die Stellung NS eingenommen hat, liest man an einem der Pole, z. B. an dem Pol S, welcher dem Okulardiopter zunächst liegt, die Anzahl Grade ab, welche er an dem Kreisringe angiebt. Wenn hierbei dasjenige Diopter als Okulardiopter genommen worden ist, welches sich an der Seite des Theilstriches 0 Grad befindet, so wird der Pol S etwa 330° angeben, welcher Winkel gegen die Nordlinie der Azimuthwinkel genannt wird. Die Punkte A, B, C werden vorläufig in ihrer Lage gegen die Nordlinie nach dem Augenmaße auf Papier verzeichnet und an der Linie ab die 330°, zur Unterscheidung von anderen Maßen, etwa wie in Fig. 41. notirt. Es wird hierauf mit den Diopteru nach C visirt; wenn hierbei dasselbe Diopter als Okulardiopter genommen worden ist, so wird der Pol S etwa einen Winkel von 300° angeben. Die Entfernungen AB und AC werden gemessen. Um die Zeichnung auszuführen, wird in Fig. 42. eine Nordlinie NS beliebig verzeichnet, und der Transporteur so an dieselbe gelegt, daß das Mittel desselben an einen Punkt a liegt, welcher dem Punkte A des Terrains entsprechen soll, und so gestellt, daß der mit 0° bezeichnete Theilstrich nach S zu liegen

kommt. Der Punkt m wird dann 330°, der Punkt n 300° angeben; wenn am und an gezogen würde, so wird zwar ∠ man = BAC sein, aber die Lage dieses Winkels zur gewählten Nordlinie, wird nicht derjenigen zur wirklichen magnetischen Nordlinie entsprechen, sondern es muß, wie solches aus der flüchtigen Zeichnung zu entnehmen ist, ab in der Richtung am, und ac in der Richtung an gezogen werden; ab wird im verjüngten Maßstabe = AB, und ac = AC gemacht.

Wenn bei Auftragung der Azimuthwinkel mittelst des Transporteurs der 0° Theilstrich an N angelegt worden wäre, so würde 330° und 300° nach o und p zu liegen kommen und die Richtung ab und ac durch Verbindung von ao, und op bestimmt worden sein.

Wenn man bei dem Visiren nach B (Fig. 43.) das auf der Seite von 0° des Kreisringes befindliche Diopter, beim Visiren nach C aber das auf der Seite von 180° befindliche Diopter als Okulardiopter genommen hätte, so wird der Pol N im ersteren Falle 150°, im letzteren Falle 300° angegeben haben. Die Auftragung durch den Transporteur, wenn derselbe mit seinem 0° Theilstrich an S angelegt ist, wird die Richtung für ab durch ao, für ac durch an bestimmen. Hat man zur Auftragung der Winkel nur einen Halbkreis-Transporteur, so muß von allen an der Boussole abgelesenen Azimuthwinkeln, die über 180° haben, 180° abgezogen werden.

Es ist nicht nothwendig und trägt auch nicht zur Bestimmung der Richtung einer Linie bei, ob sie nach der einen Seite oder nach der andern gezogen werden soll, daß man immer dasselbe Diopter als Okulardiopter, und die Ablesung des Winkels an ein und demselben Pole der Nadel vornimmt, sondern es wird sich für die Praxis als Regel feststellen lassen, daß man dasjenige Diopter als Okulardiopter gebraucht, welches für die Visirung nach einer Richtung zunächst liegt und an dem Pole der Nadel die Winkelablesung vornimmt, welcher bequemerweise dem Okulardiopter zunächst liegt, und daß nach Auftragung der Winkel mittelst des Transporteurs, derselbe mag mit seinem 0° Theilstrich an den Nord- oder Südpol gelegt werden, die Bestimmung der Richtung nach vorwärts oder rückwärts der durch ihn bestimmten Richtungspunkte sich nach der, nach dem Augenmaaße entworfenen Zeichnung, Brouillon genannt, richtet.

Wenn in Tafel IV. Figur 40. die Punkte A, B, C eine Aufstellung mit der Boussole nicht gestatteten, so stellt man die Boussole

im Allignement von AB und dann im Allignement von AC auf. Wenn ferner, was sehr häufig z. B. an Zäunen, an der Flucht von Gebäuden, die Boussole auch nicht im Allignement aufgestellt werden kann, so wird man an irgend einer Stelle die Boussole möglichst nah an AB aufstellen und mit einem Maaßstabe genau messen, wie weit ein von der Mitte des Instruments herabhängendes Loth rechtwinklich von AB entfernt ist, und genau in derselben Entfernung von AB stellt man an einer anderen Stelle von AB einen Richtungsstab auf, nach welchem von dem Stationspunkte der Boussole aus die Visirung erfolgt.

§. 44. Wenn die Entfernung zweier Punkte A und B (Tafel IV. Figur 45.) und auch der Azimuthwinkel von AB gegeben ist, und es soll der Punkt C durch Rückwärtseinschneiden bestimmt werden, wobei also eine Stationirung in A und in B nicht statthaft ist, so wird die Boussole in C stationirt und der Azimuthwinkel von AC und BC ermittelt. Bei Anfertigung der Zeichnung wird man an ab die Nordlinie nach dem gegebenen Azimuthwinkel auftragen, nach dieser Nordlinie das Azimuth von AC und BC und nach diesem die Richtung der Linie ac, und bc ⋕ ad ziehen. Der Durchschnittspunkt c dieser Linien, entspricht dem Punkt C des Terrains. Diese Operation ist jedoch nur dann statthaft, wenn die Länge der längeren Linie ac im verjüngten Maaßstabe geringer ist, als die Länge der Magnetnadel der Boussole beträgt.

§. 45. Wenn eine Figur ABCD des Terrains (Tafel IV., Figur 44.) mit der Boussole aufgenommen werden soll, so kann man sich in D mit der Boussole stationiren und die Azimuthwinkel von AD, DB und DC messen. Die Länge der Linie DC wird gemessen und nach Stationirung der Boussole in C werden die Azimuthwinkel von BC und AC ermittelt. Bei Auftragung in der Zeichnung werden sich die Richtungslinien ad mit ac in a, und db mit bc in b schneiden, und wird die Figur, ähnlich wie beim Meßtisch, von DC aus durch Vorwärtsabschneiden bestimmt werden. Diese Operation ist jedoch nur dann statthaft und gewährt eine ausreichende Genauigkeit, wenn die längste der Linien ad, db oder bc kürzer ist, als die Länge der Magnetnadel der Boussole.

In jedem anderen Falle muß die Aufnahme in folgender Art vorgenommen werden: Man stationirt die Boussole in D, bestimmt

den Azimuthwinkel von AD und DC, stationirt die Boussole in B und ermittelt den Azimuthwinkel von AB und BC. Die Länge der Linien DA, AB und BC werden gemessen und danach die Ausführung der Zeichnung bewerkstelligt. Es wird sich hierbei herausstellen, daß die Aufnahme des Azimuthwinkels von DC eigentlich nicht nothwendig war, um die Konstruktion der Figur vornehmen zu können. — Die Richtung der Linie dc, durch den Azimuthwinkel bestimmt, muß durch den Endpunkt der aufgetragenen Länge bc durchgehen, und dadurch wird eine Kontrolle der Richtigkeit sowohl der aufgenommenen als der aufgetragenen Maaße bewerkstelligt. Solche Aufnahme von Kontrollmaaßen sind im Allgemeinen, wo möglich an geeigneter Stelle, niemals zu verabsäumen.

§. 46. Bei Aufnahme im bedeckten Terrain gewährt die Boussole wesentliche Vortheile vor anderen Instrumenten, indem die Stationirung des Instruments auch dann vorgenommen werden kann, wenn nur zwei Richtobjekte gesehen werden, ohne die Genauigkeit der Aufnahme zu beeinträchtigen. Bei Bestimmung der Richtung einer gebrochenen geraden Linie ist nur eine Stationirung auf einen um den anderen Bruchpunkt nothwendig. Wenn ferner langgestreckte Terraintheile, als der Lauf eines Gewässers in einem Thale, die Richtung von Wegen, Minenanlagen aufgenommen werden sollen, so gewährt die Boussole in nachstehender Beziehung Vortheile für die Richtigkeit der Aufnahme.

Wenn nämlich (Tafel IV. Figur 46.) die Richtung der Linie abcd eine richtige Aufnahme ist, und man hätte bei Messung des Winkels abc mit einem andern Winkelmeß-Instrument einen Fehler begangen und in Folge dessen statt nach bc die Linie nach bc′ aufgetragen, so wird bei ferneren richtigen Messungen mit diesem Instrumente eine Linie statt in cd in c′d′ aufgetragen worden sein. Wenn mit der Boussole bei Bestimmung des Azimuths von bc ein eben so großer Fehler gemacht worden wäre, so wird zwar die Linie bc nach bc′ zu liegen kommen, bei ferneren richtigen Messungen aber wird cd nur nach dem Azimuthwinkel von cd in cd″ $\#$ cd aufgetragen worden sein. Der Fehler in der Messung wird demnach in der Zeichnung nicht noch größer, wie bei einem anderen Instrument. Die Boussole hat aber den Nachtheil, daß die Winkelmessungen wegen Schwankungen der Magnetnadel und Ablenkungen derselben durch äußere Umstände

nicht die Genauigkeit wie andere Instrumente haben, und daß die Boussole, z. B. im Verhältniß zum Meßtisch, zahlreiche Längenmessungen nothwendig macht. In allen Fällen, wo wegen des bedeckten Terrains Operationen mit dem Meßtisch gehindert werden, oder doch dann nicht den Grad der Genauigkeit wie die Boussole gewähren, oder wo wegen Witterungsverhältnisse der Meßtisch nicht angewendet werden kann, ist die Boussole das geeignetste Instrument.

§. 47. Bei **Ausführung der Zeichnung nach einer Boussolen-Aufnahme** und demnach angefertigten Brouillon trägt man zunächst sämmtliche aufgenommene Azimuthwinkel mit dem Transporteur an eine Nordlinie an und zieht in der Zeichnung für die Richtungen der einzelnen Linien Parallelen zu den an der Nordlinie angegebenen Schenkeln der Azimuthwinkel, unter steter Berücksichtigung des Umstandes, ob die Richtung einer Linie nach Auftragung des Längenmaaßes nach vorwärts oder rückwärts, wie aus dem Brouillon zu entnehmen, zu ziehen ist. Statt der Brouillonzeichnung kann, wenn die Aufnahme nach einem kleinen Maaßstabe erfolgen soll, eine Zeichnung gleich nach aufgenommenen Maaßen auf dem Terrain erfolgen. Man benutzt dann dazu ein von oben nach unten engliniirtes Papier, auf welchem die Auftragung der Azimuthwinkel dann an jeder einzelnen Stelle erleichtert ist, indem die von oben nach unten gehenden Linien des Papiers die Richtung der Nordlinie angeben, und trifft dann der Endpunkt einer Linie nicht gerade auf eine solche Linie, so wird wenigstens an der nächsten Linie der Azimuthwinkel der nächsten zu bestimmenden Richtung mittelst des Transporteurs aufgetragen und von dem Endpunkte der zuletzt aufgetragenen Linie dazu eine Parallele gezogen.

D. Die Patent-Boussole (von Schmalkalder).

§. 48. (Tafel IV. Figur 47.) In einem 3″ im Durchmesser großen messingnen Gehäuse, oben durch eine Glasplatte geschlossen, bewegt sich in der Mitte auf einem Stift eine etwa 2″ lange Magnetnadel, auf welcher ein kreisförmiges Kartenblatt, mit einer Gradeintheilung versehen, befestigt ist, in der Art, daß am Südpol 0°, am Nordpol 180° verzeichnet ist. Die Grade sind so angeschrieben, wie man sie in einem Spiegel erblicken würde. Die Nadel hat eine Arretirungsvorrichtung und eine Hemmvorrichtung, um die Schwankungen

der Nadel und des darauf befindlichen Kartenblattes zu vermindern. An einer Stelle des Randes ist ein Objektivdiopter und diesem, diametral durch den Stift der Nadel entgegengesetzt, ist ein kurzes Okulardiopter, welches an der Kathetenfläche eines kleinen dreiseitigen, rechtwinklig gleichschenklichen Prisma's angebracht ist; an der anderen Kathetenfläche ist eine Vergrößerungslinse und an der Hypothenusenfläche ein Spiegel, so daß von dem Okulardiopter aus über das Objektivdiopter hin visirt werden kann, und gleichzeitig die Anzahl Grade erblickt werden können, welche die Visirlinie mit dem Südpol bildet. Das Instrument hat kein Stativ, sondern wird entweder nach Umständen auf Terraingegenstände gestellt oder in freier Hand gehalten. Der weitere Gebrauch ist im Uebrigen wie bei der großen Boussole, und erfolgt auch in derselben Art die Auftragung der Richtung der Linien mit dem Transporteur. Die Patentboussole hat, selbst für die besondere Bestimmung dieses Instruments zu flüchtigen Aufnahmen zu dienen, trotz des Vorzugs der leichten Transportabilität und bequemen Handhabung, wegen der starken Schwankungen der Nadel, wegen der Kürze derselben, und weil die magnetische Kraft die Entwickelung der Schwerkraft des von der Nadel getragenen Kartenblattes nicht zu überwinden vermag, und noch aus anderen Gründen eine zu große Ungenauigkeit zur Folge, so daß die Kenntniß dieses Instruments sich mehr aus historischem Interesse noch erhalten hat.

E. Der katoptrische Zirkel.

§. 49. (Tafel IV. Fig. 48.) Auf einem messingenen Kreisbogen a, etwas größer als 60°, und etwa 3″ Radius, befindet sich eine Gradeintheilung in der Art, daß halbe Grade mit ganzen Graden bezeichnet sind. Ein beweglicher Schenkel b mit einem Nonius und mit einer Zirkelspitze versehen, dreht sich um den Mittelpunkt, und trägt daselbst einen Spiegel CD. Der feste Schenkel c hat ebenfalls eine Zirkelspitze, und der Nonius ist an dem beweglichen Schenkel in der Art eingerichtet, daß, wenn die Zirkelspitzen zusammenfallen, der Index des Nonius auf 0° steht. In AB ist ein anderer Spiegel, der jedoch nur mit dem unteren Theile spiegelt und den oberen Theil des Glases durchsichtig läßt, in fester Stellung so angebracht, daß er mit dem Spiegel CD parallel steht, wenn dieser mittelst des

beweglichen Schenkels so gestellt ist, daß der Nonius desselben auf 0° steht. In O befindet sich ein Okulardiopter.

§. 50. Wenn bei diesen Einrichtungen des Instrumentes von dem Okulardiopter, bei paralleler Stellung C′D′ und AB zu einander durch den durchsichtigen Theil des Spiegels AB nach einem Objekt X visirt wird, so wird von dem Objekt X ein Lichtstrahl xm nach dem Spiegel C′D′ geworfen, und von demselben nach den Gesetzen der Katoptrik nach mn zurückgeworfen, so daß der Lichtstrahl mn mit dem Einfallsloth hm einen Reflexionswinkel β bildet, welcher dem Einfallswinkel α gleich ist. Der Lichtstrahl mn trifft den Spiegel AB unter dem Einfallswinkel δ, und wird unter dem eben so großen Reflexionswinkel ε nach nO zurückgeworfen. Da die beiden Einfallsloth hm und h′n parallel liegen, ist $\angle \alpha = \angle \beta = \angle \delta = \angle \varepsilon$, und nO $\#$ mX. Das Objekt X wird einmal in der Richtung P direkt, und ein zweitesmal reflektirt in n erblickt werden. Die Verschiedenheit der Stellung der beiden Bilder des Objekts X nennt man den Collimationsfehler, der um so kleiner wird, je weiter das Objekt X sich entfernt befindet, und schließlich gar nicht wahrnehmbar ist. Ist aber das Objekt X in solcher Entfernung, daß n nicht in P zusammenfällt, so ist für den ferneren Gebrauch des Instrumentes der Spiegel C′D′ so weit zu drehen, daß das Objekt X statt in n, grade unter P reflektirt erscheint. Der Winkel, um den diese Drehung stattfinden mußte, bezeichnet die Größe des Collimationsfehlers.

Wenn der Spiegel C′D′ durch eine Drehung des beweglichen Schenkels in die Lage von CD um den Winkel γ gebracht wird, dann wird nicht mehr das Objekt X, sondern das Objekt Q in dem Spiegel AB unter dem direkt anvisirten Objekt X erscheinen, und der Winkel XmQ, also der Winkel welcher darnach zwei Objekte mit dem Standort des Instruments bilden wird, $= 2\gamma$ sein. Denn Qm bildet mit dem Einfallsloth mh″ für die Stellung CD einen Einfallswinkel Qmh″ = dem Reflexionswinkel nmh″. Die Einfallslothe mh und mh″ bilden den Winkel hmh″ $= \gamma$.

$$XmQ = Qmh'' + Xmh''$$
$$Qmh'' = nmh'' = \gamma + \beta$$
$$Xmh'' = \gamma - \beta \ (\beta = \alpha)$$
$$XmQ = \gamma + \beta + \gamma - \beta$$
$$XmQ = 2\gamma.$$

Der zu messende Winkel des Terrains ist demnach doppelt so groß, als der Winkel, um den sich der Spiegel C'D' gedreht hat, dessen Größe durch den Nonius des beweglichen Schenkels am Kreisbogen unmittelbar angegeben wird, indem daselbst die halben Grade die Bedeutung von ganzen Graden haben und mit diesen Zahlen bezeichnet sind. Da der Drehungswinkel des Spiegels CD als Wechselwinkel gleich ist dem Winkel, welchen die Spiegel AB und CD in ihrer Verlängerung bilden, so ist dieser ebenfalls halb so groß als der zu messende Winkel auf dem Terrain.

§. 51. Um nicht einen besonderen Transporteur zur Auftragung des Winkels in der Zeichnung nach der ermittelten Anzahl Grade desselben nöthig zu haben, benutzt man die Zirkelspitzen, deren Zweck im Uebrigen auch der Ersatz eines gewöhnlichen Zirkels ist, in der Art, daß der bewegliche Schenkel zunächst auf 120°, das heißt eigentlich auf 60° gestellt wird. Die Auseinanderstellung der Zirkelspitzen wird dann so groß sein, als die Entfernung derselben vom Mittelpunkte, und mit dieser schlägt man einen Bogen, wodurch ein Kreisbogen mit dem Radius auf das Papier übertragen worden ist, welchen das Instrument selbst in der Entfernung der Zirkelspitzen vom Mittelpunkte besitzt. Nachdem der Winkel des Terrains gemessen, wird die sich dadurch herausstellende Entfernung der Zirkelspitzen zweimal auf dem geschlagenen Kreisbogen aufgetragen; die Verbindung der beiden äußeren Punkte der Auftragung mit dem Mittelpunkte giebt dann den Winkel des Terrains.

F. Der Reflektor von Horner.

§. 52. Dieses Instrument hat dieselben Einrichtungen, wie der katoptrische Zirkel, nur sind für die Auftragung des zu messenden Terrainwinkels bequemere Einrichtungen, als die Zirkelspitzen vorhanden. (Tafel IV. Fig. 49.) Der eine Schenkel ist zu einem Lineal cd verlängert. In den Punkten a, b, c ist ein verschiebbares gleichschenkliges Dreieck angebracht in der Art, daß ab = ac ist. Der Schenkel bc öffnet sich, da er mit dem Drehungsspiegel fest verbunden ist, um einen eben so großen Winkel als der Drehungswinkel des Spiegels beträgt. Der Schenkel ab dreht sich dabei um a und bildet mit ad einen Außenwinkel des gleichschenkligen Dreiecks, welcher dop=

pelt so groß ist, als der Winkel, um den sich bc bewegt hat. Der Winkel bad ist demnach gleich dem gemessenen Terrainwinkel, und kann als solcher in der Zeichnung aufgetragen werden.

G. Der Reflektor von Douglas.

§. 53. Die Einrichtungen dieses Spiegel-Instrumentes sind aus dem Bestreben hervorgegangen, einen gemessenen Terrainwinkel in seiner Größe unmittelbar in der Zeichnung auftragen zu können. (Tafel IV. Fig. 50.) An einem Lineal b b ist an der Ziehkante desselben um c ein Halbkreis von etwa 3″ Durchmesser angebracht. Um den Mittelpunkt bewegt sich mittelst eines denselben freilassenden kreisförmigen Scharnires an der Peripherie des Halbkreises auf einem Schenkel d, an dem eine Ziehkante und bei f ein Nonius angebracht ist, ein Spiegel bei e. Auf der Peripherie bei m ist ein halbbelegter Spiegel angebracht, welcher sich um seine Axe bewegt. Diese Bewegung wird bewerkstelligt durch die Bewegung des Schenkels d, indem der Spiegel m mit diesem durch den Stift h und mittelst eines Spaltes der Regel mn, an welcher sich auch ein Okulardiopter bei n befindet, in eine Verbindung gebracht ist. Der Lage des Index des Nonius entsprechend ist eine Gradeintheilung von 0 bis 120° an dem Halbkreis angebracht. Die Stellung des Spiegels e gegen den Spiegel m ist von der Art, daß wenn der Index des Nonius auf 0° steht, die beiden senkrecht zur Instrumentenebene befestigten Spiegel in m und D parallel zu einander, also in der Richtung von Am und FD zu einander stehen. Das Instrument wird in derselben Art wie die anderen Spiegel-Instrumente bei einer Messung eines Terrainwinkels gehandhabt; man visirt vom Okulardiopter n direkt nach dem linken Richtobjekt durch den unbelegten Theil des Spiegels m, und durch die Drehung des Spiegels e läßt man das rechte Richtobjekt des Winkels reflektirt im Spiegel m grade unter dem linken Richtobjekt erscheinen. Der Winkel, welchen der Index des Nonius angiebt, oder der Winkel α, welcher die Ziehkante des Schenkels d und die Ziehkante des Schenkels bb mit dem Mittelpunkt c bildet, ist dann gleich dem gemessenen Terrainwinkel.

§. 54. Der Nachweis, daß $\angle \alpha =$ dem Terrainwinkel ist, kann in folgender Art geführt werden. Bei Auseinandersetzung des katoptri-

schen Zirkels ist nachgewiesen worden, daß der gemessene Terrainwinkel halb so groß ist, als der Winkel, welchen die beiden Spiegel in ihrer Verlängerung mit einander bilden. Dies wird bei diesem Reflektor auch Geltung haben, und also $\angle$ mEe halb so groß, als der Terrainwinkel sein. Es muß demnach nachgewiesen werden, daß $\angle \alpha = \angle 2\,mEe$ ist.

Im Viereck ecDC ist

$$\alpha = 4\,R - eCD - (\beta + \gamma)$$
$$\beta + \gamma = 2\,R$$
$$\alpha = 2\,R - eCD$$
$$ACF = 2\,R - eCD$$
$$\alpha = ACF$$
$$\alpha = ACF = mAC, \text{ weil } mA \# FD$$
$$mAC = mEe + AmE.$$

Wenn der Spiegel von D nach e sich bewegend, den Centriwinkel α beschreibt, so muß die Regel mn an der Peripherie bei m und demnach auch der mit der Regel in Verbindung stehende Spiegel m sich um seine Axe um den Winkel AmE $= \frac{1}{2}\,\alpha$ bewegt haben, es ist

$$mAC = \alpha = mEe + \tfrac{1}{2}\,\alpha$$
$$mEe = \tfrac{1}{2}\,\alpha$$
$$\alpha = 2\,mEe.$$

H. Der Spiegelsextant.

§. 55. Dieses Instrument ist wie der katoptrische Zirkel oder der Horner'sche Reflektor construirt, nur fehlen dem Instrument Einrichtungen, um einen gemessenen Winkel sogleich in der Zeichnung auftragen zu können. Der Spiegelsextant hat aber dagegen Einrichtungen, die Winkelmessungen genauer vornehmen zu können. Dahin gehören, daß der Kreisbogen etwa 6″ Radius hat, wodurch eine Eintheilung der Grade in mehr Theile leichter bewirkt werden kann, und die Nonien-Einrichtung eine genauere Ablesung des Winkels gestattet. Statt des Okulardiopters ist ein besonderes kleines Fernrohr angebracht, und die Spiegel sind größer und mit größerer Sorgfalt gearbeitet.

Während die Einrichtungen der katoptrischen Zirkel und der Reflektoren dahin gerichtet sind, dem Instrument für einen mehr flüchtigen Gebrauch eine große Transportabilität und leichte Handhabung zu

geben, liegt solcher Zweck beim Spiegelsextanten nicht vor, indem mit demselben genaue Winkelmessungen vorgenommen werden, nach welchen besondere Berechnungen angestellt werden sollen. Durch die Eigenthümlichkeit der Spiegel-Instrumente ist insbesondere mit dem Spiegelsextanten die Möglichkeit gegeben, da, wo andere Winkelmeß-Instrumente, wegen des nothwendigen Stativs und wegen der schwankenden Stationsorte, wie z. B. auf Schiffen, zu Winkelmessungen nicht angewendet werden können, diese mit ausreichender Genauigkeit vorzunehmen.

a. Operationen mit den Spiegel-Instrumenten.

§. 56. Mit den Spiegel-Instrumenten kann eine Messung der Winkel in der horizontalen Ebene nicht immer erfolgen, indem die Ebene, in welcher das Instrument gehalten und in der die Winkelmessung erfolgt, sich nach der Höhenlage der Richtobjekte des zu messenden Winkels richtet. Für den Zweck der Aufnahme, bei dem die Spiegel-Instrumente in Anwendung kommen, ist diese Ungenauigkeit ohne Einfluß. Sollen bei Spiegel-Instrumenten durch ihre Einrichtungen die Winkel vorzugsweise unmittelbar in der Zeichnung aufgetragen werden, dann ist der Collimationsfehler in der Art zu beseitigen, daß die Zirkelspitzen oder die Ziehkanten des Instrumentes genau an einander gelegt werden, dann muß bei dieser Stellung der beiden Spiegel ein und dasselbe Objekt, von solcher Entfernung, als ungefähr alle ferneren Richtobjekte sein werden, genau über einander, direkt anvisirt und unmittelbar reflektirt, erscheinen. Ist es nicht der Fall, so muß dem Spiegel mittelst der Schrauben-Einrichtungen, die zu dem Zweck vorhanden sind, eine solche Stellung gegeben werden, daß die beiden Bilder des Objektes zusammenfallen. — Man könnte auch, für den Fall die Winkel nur nach ihrer Anzahl Grade bestimmt werden sollen, den Collimationsfehler in Rechnung bringen in folgender Art: Man stellt mit dem beweglichen Schenkel die Spiegel so, daß die Bilder eines und desselben Objektes zusammenfallen; zeigt dann der Index des Nonius gegen 0° des Kreisbogens einen Winkel in der Richtung der zunehmenden Zahl der Grade, so muß dieser Winkel von dem gemessenen Terrainwinkel in Abzug gebracht werden; hat jedoch der Index in entgegengesetzter Richtung von 0° des Kreisbogens eine Stellung erhalten müssen, so muß dieser Winkel zu dem gemessenen Terrainwinkel hinzugerechnet werden. Bei den genannten Spiegel-

Instrumenten ist nur die Möglichkeit gegeben, unmittelbar Terrainwinkel bis zu 120° zu messen, was in Folgendem seinen Grund hat: (Tafel IV., Figur 48.) Der $\angle$ AnO = $\angle$ nmC′ wird nur 80° groß gemacht, weil Spiegel CD etwas seitwärts von AB stehen muß, damit die von X nach CD gehenden Lichtstrahlen durch den Spiegel AB nicht maskirt werden; der $\angle$ QmD = $\angle$ nmC darf andererseits nicht kleiner als 20° sein, weil aus optischen Gründen die Lichtstrahlen unter spitzerem Winkel unsicher reflektiren.

$$CmC' = nmC' - nmC = 80° - 20° = 60°$$

Wenn der Drehungswinkel des Spiegels C′D′ deshalb nicht größer als 60° sein darf, so können mit dem Instrument nicht größere als der doppelt so große Terrainwinkel von 120° gemessen werden.

Wenn größere Terrainwinkel als 120° gemessen werden sollen, so müssen dann Zwischen-Richtobjekte ausgesucht werden und der ganze Winkel dann in seinen zwei Theilen gemessen werden.

§. 57. Elementar-Operationen mit den Spiegel-Instrumenten werden in ähnlicher Weise wie beim Meßtisch ausgeführt, wofür einige Beispiele dienen sollen.

1) Wenn zwei Punkte des Terrains A und B (Tafel IV. Fig. 51.) in verjüngtem Maßstabe in a und b gegeben sind, und man soll einen dritten Punkt C durch Vorwärtsabschneiden gewinnen, so wird man sich mit dem Spiegel-Instrument in A aufstellen, und den Winkel CAB messen, und denselben in cab auftragen. Man stellt sich dann in B auf und mißt den Winkel CBA und trägt ihn in a b c auf, dann ist der Durchschnittspunkt c dem Punkte C entsprechend.

2) Soll der Punkt C in obigem Falle durch Seitwärtsabschneiden bestimmt werden, so wird in A der Winkel CAB gemessen, und in b a c aufgetragen, dann in C der Winkel BCA gemessen; dieser Winkel kann hierauf an einer beliebigen Stelle an die Linie ac angetragen, und von b aus eine Parallele zu dem anderen Schenkel gezogen werden, oder wie dies beim Douglas'schen und Horner-schen dadurch erleichtert ist, daß der eine Schenkel an diesen Instrumenten zur Auftragung des Winkels an ac angelegt wird, und so an diesem Schenkel geschoben wird, daß der andere Schenkel durch b geht, dann entspricht der Punkt c dem auf dem Terrain.

3) Wenn zwei Punkte A und B (Tafel IV. Fig. 52.) in a und

b gegeben sind, und man soll den Punkt C im Allignement von AB durch Rückwärtseinschneiden bestimmen, so wählt man einen Hülfspunkt D, mißt in C den Winkel ACD und notirt denselben in seiner Anzahl Grade. Stellt sich dann in D auf, mißt den Winkel CDA und ADB, und notirt die Anzahl Grade jedes dieser Winkel. Man stellt darauf das Instrument auf 180° — (ACD + ADC), welcher Winkel = CAD ist, und trägt diesen Winkel an die Verlängerung von ab in cad an. Der Winkel ADB wird dann in adb in der Art angetragen, daß, nachdem das Instrument auf dessen Anzahl Grade gestellt worden, der eine Schenkel desselben an ad liegt, und der andere durch b geht. An ad in d wird darauf Winkel ADC in a d c angetragen, der Durchschnittspunkt c von dc mit der Verlängerung von ab entspricht dann dem Punkt C des Terrains.

4) Das Rückwärtseinschneiden nach 3 Punkten kann mittelst der Spiegel-Instrumente nach jeder bei dem Meßtisch anwendbaren Methode vorgenommen werden.

Die Methode des Umtragens der Peripherie-Winkel wird man, wie folgt, ausführen können.

(Tafel V. Fig. 53.) Man stellt sich in dem zu bestimmenden Punkte D auf, mißt den Winkel BDC = α, und trägt ihn an ac in a an. Man mißt dann den Winkel ADB = β, und trägt ihn an ac in c an, von dem Durchschnittspunkt h wird in der Verlängerung nach b eine Linie gezogen, und an dieser so der Winkel β angetragen, daß der andere Schenkel durch a geht. Der dadurch sich bestimmende Scheitelpunkt d entspricht dem Punkte D des Terrains, wenn zur Prüfung der Richtigkeit der Messungen und der Auftragungen der Winkel bdc auch gleichzeitig = α ist.

Durch Construktion excentrischer Kreise wird der Punkt d (Tafel V. Fig. 54.) gefunden, indem $\angle \alpha$ so aufgetragen wird, daß der eine Schenkel durch b, der andere durch c geht, und $\angle \beta$ an bh so angetragen, daß der andere Schenkel durch a geht; fällt dabei der Scheitelpunkt g dieses Winkels nicht mit h zusammen, so sind, wie beim Meßtisch, die zwei excentrischen Kreise durch g, b, a, und durch h, b, c oder auch durch a, c, i zu ziehen, der Durchschnittspunkt d derselben entspricht dann dem Punkte D des Terrains.

I. Der Theodolit.

§. 58. Dieses Instrument mit unvollkommener Einrichtung führte in früheren Zeiten den Namen Astrolabium. Der Zweck des Theodoliten ist, die Größe eines Winkels in der Anzahl der Grade und Theile derselben mit möglichster Genauigkeit bestimmen zu können, daß auf Grund dieser dem Zweck entsprechende genaue trigonometrische Berechnungen angestellt werden können. Um diese Bedingung zu erfüllen, sind diesem Instrumente von verschiedenen ausgezeichneten Mechanikern sehr verschiedene Einrichtungen gegeben worden, so daß es weniger darauf ankommt, den Zusammenhang derselben, als die Haupttheile kennen zu lernen.

(Tafel V. Fig. 55.) Ein Kreisring, Instrumentenscheibe oder Azimuthalkreis AA genannt, hat eine grobe und feine Horizontal-Bewegung. Auf diesem Kreisring bewegt sich conzentrisch ein Alhidadenkreis B mit Alhidaden-Fernrohr C und 2, 3, oder 4 Nonien, um resp. 180°, 120° oder 90° auseinanderstehend. Das Alhidaden-Fernrohr hat für sich eine Vertikal-Bewegung, in Verbindung mit einer Alhidade nebst Nonius an einem Vertikalkreis, so daß damit auch Winkel in der Vertikalebene gemessen werden können. Das Instrument ist mittelst eines Dreifußes auf ein Tellerstativ gestellt, wo durch Vertikal-Stellschrauben in den 3 Füßen des Dreifußes, und mittelst einer etwa in E angebrachten Libelle eine genaue Horizontal-Stellung des Azimuthalkreises bewirkt werden kann. Bei einigen Theodoliten ist ein zweites sogenanntes Versicherungs-Fernrohr gewöhnlich unter dem Azimuthalkreise angebracht, und zwar mit einer dem Alhidaden-Fernrohr conzentrischen Horizontal-Bewegung.

Im Allgemeinen unterscheidet man die Theodoliten hauptsächlich nach der Größe des Durchmessers, welchen der Azimuthalkreis besitzt, in große, mittlere, und kleine mit etwa 15″, 8″ und 5″ Durchmesser. Von der Größe des Durchmessers ist die Eintheilung der Grade in möglichst viele genaue Theile abhängig, und kann deshalb die Größe eines gemessenen Winkels um so genauer bestimmt werden.

a. Handhabung des Theodoliten.

§. 59. **Einfache Winkelmessung.** Das Instrument wird mit seinem Mittelpunkt genau lothrecht über den Scheitelpunkt aufgestellt,

und der Azimuthalkreis horizontal gestellt. Einer der Nonien in der Regel mit 1 oder A bezeichnet, wird mit seinem Index genau auf 0° gestellt, und da die Theile des Limbus und des Nonius sehr klein sind, so ist ein Mikroskop D angebracht, um die Beobachtung mittelst desselben schärfer machen zu können. Die Bewegung des Alhidaden-Fernrohrs wird gehemmt, und mittelst der Horizontal-Bewegung des Azimuthalkreises das Alhidaden-Fernrohr nach dem linken Richtobjekt, weil die Beschreibung der Grade von rechts nach links vorhanden ist, genau eingestellt. Die Bewegungs-Einrichtung des Alhidaden-Fernrohrs wird gelöst, und dasselbe nach dem rechten Richtobjekt eingestellt. Sind 2 Nonien an der Alhidade vorhanden, so wird, wenn der Nonius 1 auf 0° stand, der Nonius 2 auf 180° gestanden haben, an beiden Nonien bei der zweiten Stellung der Alhidade die Winkelablesung erfolgen, und demnach an zwei Stellen des Limbus die Größe des Winkels bestimmt werden, wodurch eine möglicherweise nicht hinreichend genaue gleichmäßige Gradeintheilung, und eine Ungenauigkeit durch die nicht genaue Form des Limbus und durch eine Excentricität der Horizontal-Bewegung, zum Theil ausgeglichen wird.

Die eigentliche Größe des Winkels (Fig. 56.)

$$OAP = \frac{\alpha + (180 + \alpha') - 180}{2}$$

bei 3 Nonien ist $OAP = \frac{\alpha + (120 + \alpha') + (240 + \alpha'') - 360}{3}$

bei 4 Nonien ist $OAP = \frac{\alpha + (90 + \alpha') + (180 + \alpha'') + (270 + \alpha''') - 540}{4}$

Wenn bei 3 Nonien hierbei der $\angle \alpha$ größer als 120° und bei 4 Nonien der $\angle \alpha$ größer als 90°, so wird im ersteren Falle der Nonius 3 und im letzteren Falle der Nonius 4 einmal 360° durchlaufen haben, und der Winkel, den diese Nonien zeigen, wird für diese Rechnung einen Winkel geben, der um 360° zu klein ist, weshalb zu dem Zähler obiger Berechnung noch 360° hinzuzuzählen ist.

Bei einer Messung eines zweiten Winkels von demselben Stationsorte aus, wird man nicht erst den Nonius 1 auf 0° des Limbus zurückführen, sondern mit dem letzten Stand des Nonius bei der vorhergegangenen Winkelmessung das Alhidaden-Fernrohr mit der Bewegung des Azimuthalkreises nach dem linken Richtobjekt einstellen, die Bewegung des Alhidaden-Fernrohrs lösen und dieses nach dem rechten

Richtobjekt einrichten. Wenn dann die Summe des Standes der Nonien bei der ersten Stellung = A; die Summe des Standes der Nonien bei der zweiten Stellung = B, die Anzahl der Nonien = r ist, und C, so viel mal 360° bedeutet, als ein und der andere Nonius durch 360° durchgegangen ist, dann ist die Größe des gemessenen Winkels $= \frac{B - A + C}{r}$.

§. 60. **Winkelmessung mit einfacher Repetition.** Diese Art der Winkelmessung erfolgt, wie die einfache Winkelmessung, und wird nur in derselben Art wiederholt. Es erfolgt nach der ersten einfachen Winkelmessung noch keine Ablesung der Nonien, sondern das Alhidaden-Fernrohr wird nochmals mit der Bewegung des Azimuthalkreises in die Richtung des linken Richtobjekts gebracht, und nach Lösung der Bewegung der Alhidade wird das Fernrohr derselben nach dem rechten Richtobjekt eingerichtet. Wenn diese Operation n mal wiederholt worden, so wird bei obiger Bedeutung der Buchstaben die Größe des gemessenen Winkels $= \frac{B - A + C}{n \cdot r}$.

Um sich zu versichern, daß bei dieser öfteren Bewegung des Instruments der Azimuthalkreis nicht aus seiner ihm einmal gegebenen Stellung verrückt worden ist, wird gleich vor der ersten Winkelmessung ein etwa vorhandenes Versicherungs-Fernrohr auf das linke Richtobjekt, oder überhaupt auf ein anderes sich scharf markirendes Objekt gerichtet, und bei der letzten Ablesung der Nonien überzeugt man sich, ob das Versicherungs-Fernrohr unverändert eingerichtet geblieben ist. Der Theodolit muß dann aber eine solche Einrichtung haben, daß die Bewegung des Versicherungs-Fernrohrs ganz getrennt von der Bewegung des Azimuthalkreises ist. Ist die Bewegungs-Einrichtung des Versicherungs-Fernrohrs aber von der Art, daß bei feststehendem Azimuthalkreis sich zwar das Versicherungs-Fernrohr für sich bewegen kann, und daß, wenn der Azimuthalkreis gedreht wird, sich das Versicherungs-Fernrohr mitbewegt, so kann noch eine andere Art Winkelmessung vorgenommen werden, und zwar

§. 61. Die **Winkelmessung mit doppelter Repetition.** Man richtet nämlich in Tafel V. Fig. 56. das Alhidaden-Fernrohr mit der Bewegung des Azimuthalkreises nach dem linken Richtobjekt O; das Versicherungs-Fernrohr wird mit seiner eignen Bewegung nach dem rechten Richtobjekt P eingestellt; mit der Bewegung des Azimuthal-

kreises wird das damit sich fortbewegende Versicherungs-Fernrohr nach dem linken Richtobjekt eingerichtet; dadurch rückt das Alhidaden-Fernrohr nach o', so daß o' Ao = o Ap; wird hierauf mittelst der Bewegung des Alhidaden-Fernrohrs dasselbe nach dem rechten Richtobjekt P eingerichtet, so beschreibt es einen Winkel o'Ap und oAp = $\frac{o'Ap}{2}$. Hat man diese Operation n mal wiederholt, so ist die Größe des gemessenen Winkels = $\frac{B - A + C}{2 . n . r.}$

§. 62. Diese Repetitions-Winkelmessungen, welche von Tobias Mayer und von Borda angegeben worden sind, und deshalb auch Mayer-Borda'sche Repetitions- oder Multiplikations-Methode genannt werden, haben den Zweck, die schon einigermaßen durch die größere Anzahl Nonien ausgeglichenen oben erwähnten fehlerhaften Beschaffenheiten des Theodoliten noch mehr ohne Einfluß für die Größe des Winkels sein zu lassen. Wenn man aber den jetzigen weit vollkommneren Stand der Anfertigung der Instrumente, namentlich die durch besondere Maschinen bewirkte sehr genaue Eintheilung des Azimuthalkreises berücksichtigt, so kann diesem Repetitions-Verfahren nicht mehr in dem Grade der Vortheil der genaueren Winkelmessung eingeräumt werden, wenn namentlich in Betracht gezogen wird, daß durch das mehrfache Einstellen der Bewegungs-Einrichtung trotz aller Sorgfalt anderweitige Fehler der Ausführung der Messung selbst, so wie auch Fehler der Berechnung vorkommen können, und das Repetitions-Verfahren überhaupt viel Zeit erfordert.

Drittes Kapitel.

Vertikalwinkel - Instrumente.

§. 63. Alle Vertikalwinkel-Instrumente sind dahin eingerichtet, den Winkel zu messen, welcher einen Richtpunkt mit der horizontalen Ebene bildet. Diese Instrumente bezwecken entweder eine solche genaue Vertikalwinkel-Messung vorzunehmen, daß auf Grund derselben trigonometrische Berechnungen angestellt werden können, und zu diesen Instrumenten gehören die Kippregel in Verbindung mit dem Meßtische, und der Theodoliten durch die Einrichtungen, die diesen Instrumenten

durch die vertikale Bewegung des Alhidaden-Fernrohrs in Verbindung mit dem Vertikalkreise gegeben sind, oder man bezweckt nur den Neigungswinkel von Terrainabfällen zu messen. Diese letztere Kathegorie der Vertikalwinkel-Instrumente findet gegenwärtig nicht mehr so häufige Anwendung, und sollen hier nur der Schmalkalder Höhenmesser und das Lehmann'sche Diopterlineal eine Erklärung finden.

A. Die Handhabung der Kippregel.

§. 64. Die Kippregel hat bei ihren Einrichtungen, in Verbindung mit dem Meßtische, eine Gebrauchsfähigkeit nach dreierlei Richtungen, als Visirlineal, als Entfernungs-, und als Vertikalwinkelmesser.

Wenn die Entfernung des Punktes, auf welchem die Distanzlatte lothrecht aufgestellt worden, von dem Stationsorte des Instruments gemessen werden soll, und die beiden Punkte liegen in einer Horizontalebene, so giebt die durch den Sehwinkel im Fadenkreuz abgelesene Anzahl Zolle ohne weiteres die Entfernung in Ruthen an. Wenn aber der Punkt B der Lattenstellung (Tafel V. Fig. 57.) nicht mit dem Stationspunkt A in gleicher Höhe liegt, so verfährt man in nachstehender Art:

Das Fernrohr der Kippregel wird, nachdem diese an den Punkt der Meßtischplatte, welcher dem Stationsorte entspricht, angelegt worden ist, als Visirlineal nach B eingerichtet und mit dem mittleren Horizontalfaden des Fadenkreuzes nach einen Punkt der in B lothrecht aufgestellten Distanzlatte eingestellt, welcher der Höhe des Instruments über dem Punkt A entspricht; es genügt dafür die Höhe der halben Brust des die Distanzlatte haltenden Mannes als Richtungspunkt zu nehmen. Es werden hierauf die Anzahl Zolle, welche von dem Sehwinkel eingenommen werden, und der Vertikalwinkel w abgelesen. Die Entfernung AB wird aber nur dann, in Ruthen ausgedrückt, der Zahl Zolle entsprechen, welche bei einer gegen die Axe des Fernrohrs rechtwinkligen Stellung y der Distanzlatte abgelesen worden wären. Der Winkel, welchen y und D miteinander bilden ist auch $= w$;

$y = D \cos w$ in Zollen

$AB = D \cos w$ in Ruthen ausgedrückt.

Es ist die Horizontal-Projektion $d = AB \cos w = D \cos^2 w$,

In den Fällen, wo bei dieser und den folgenden Bestimmungen der Vertikalwinkel besonders genau gemessen werden soll, wird, nachdem die Kippregel als Visirlineal in die Richtung nach dem Objekt gebracht worden sind, die Fernrohraxe durch ihre Libelle mittelst der Vertikal-Bewegung des Fernrohrs genau horizontal gestellt, indem für die genaue Vertikal-Winkelmessung, die durch das Dosenniveau und die grobe Vertikal-Bewegung des Meßtisches bewirkte Horizontal-Stellung der Meßtischplatte nicht ausreichend genau ist. Wenn dabei die Stellung des Index der Alhidade der Vertikal-Winkelmessung nicht mit dem Theilstrich 0° des Limbus zusammenfällt, so nennt man den Winkel, um den der Index abweicht, den Correktions-Winkel. Wenn den Höhenwinkeln das Vorzeichen +, den Tiefenwinkeln das Vorzeichen — gegeben wird, so muß, wenn der Correktions-Winkel bei derselben Lage auf dem Limbus, wie die Höhen- und Tiefenwinkel, auch deren Vorzeichen erhält, der Correktions-Winkel bei gleichen Vorzeichen von dem Vertikal-Winkel subtrahirt, bei ungleichen Vorzeichen addirt werden.

§. 65. Wenn die absolute Höhe eines Punktes A = St ist, und man soll die absolute Höhe l des Punktes B auf dem Terrain berechnen, so wird, nachdem vorher, wie oben, der Vertikalwinkel gemessen worden, und D die Anzahl der Zolle bei lothrechtem Stande der Distanzlatte abgelesen worden, und d demnach $= D \cos^2 w$ ist, bei Höhenwinkeln (Tafel V. Fig. 57.)

$$l = St + D \cos^2 w \operatorname{tg} w,$$

bei Tiefenwinkeln (Tafel V. Fig. 58.)

$$l = St - D \cos^2 w \operatorname{tg} w$$

sein.

§. 66. Wenn von dem Punkte A, dessen absolute Höhe St bekannt ist, die Höhe O eines Objektes, dessen Entfernung D von A bekannt ist, berechnet werden soll, so wird die Kippregel an den Punkt der Meßtischlatte angelegt, welcher dem Punkte A des Terrains entspricht, und nach dem Objekt O eingerichtet, und darauf der Horizontalfaden der Kippregel nach dem obersten Punkt B des Objektes eingestellt, und der sich dadurch herausstellende Vertikalwinkel abgelesen. Ist F die Höhe der horizontalen Axe des Fernrohrs der Kippregel über den Punkt A, so ist (Tafel V. Fig. 59.) bei einem Höhenwinkel w

$$O = St + D \operatorname{tg} w + F,$$

bei einem Tiefenwinkel w (Fig. 60.)

$$O = St - (D \operatorname{tg} w - F),$$

danach wird unter denselben Umständen, wenn O bekannt ist, und St berechnet werden soll,

bei Höhenwinkeln

$$St = O - D \operatorname{tg} w - F,$$

bei Tiefenwinkeln

$$St = O + D \operatorname{tg} w - F.$$

§. 67. In den Fällen, wo die Berechnung der Höhe eines Objektes von einem Stationspunkte aus, oder nach der bekannten Höhe eines Objektes die Höhe eines Stationspunktes vorgenommen werden soll, ist die Entfernung D in der Regel so groß, daß sich bei dem Maßstabe der Aufnahme von 1 : 25000, der Einfluß der Krümmung der im Niveau des Meeresspiegels gedachten Erdoberfläche, nach welcher die Höhe der Punkte bestimmt wird, bemerklich macht, so daß (Tafel V. Fig. 61.) bei Höhenwinkeln, (Fig. 62.) bei Tiefenwinkeln, nicht Ay die durch das Instrument bestimmte Horizontal-Ebene maßgebend für die Berechnung ist, sondern die Ebene Az, welche mit der Krümmung des gedachten Meeresspiegels MN parallel liegt. Das Stück yz muß also bei Höhenwinkeln hinzugerechnet, bei Tiefenwinkeln in Abzug gebracht werden. Durch die Brechung der Lichtstrahlen, Refraktion, wird aber ferner der Vertikalwinkel in der Größe von r A y bestimmt worden sein, und man hat alsdann bei Höhenwinkeln (Fig. 61.) die Höhe des Objekts um r B zu groß, bei Tiefenwinkeln (Fig. 62.) um r B zu klein berechnet, daher muß zu den Formeln im vorigen Paragraphen Erdkrümmung und Refraktion in Rechnung gebracht werden, und zwar ist

bei Höhenwinkeln

$$O = St + D \operatorname{tg} w + F + \underbrace{(yz - rB)}_{E}$$

bei Tiefenwinkeln

$$O = St - (D \operatorname{tg} w - F) - \underbrace{(yz - rB)}_{E}$$

(yz — rB) = E ist für verschiedene Entfernungen in besonders dazu eingerichteten Tafeln berechnet worden, und ist demnach

bei Höhenwinkeln

$$St = O - D \operatorname{tg} w \quad F - E,$$

bei Tiefenwinkeln

$$St = O + D \operatorname{tg} w - F + E.$$

§. 68. Um alle für die Operationen mit der Kippregel vorkommenden Berechnungen zum Zweck der topographischen Arbeiten des Generalstabs leicht und bequem vornehmen zu können, sind besondere sogenannte „Kotentafeln für die entfernungsmessende Kippregel" eingerichtet worden, deren nähere Art des Gebrauches in denselben selbst eingesehen werden muß.

B. Der Theodolit.

§. 69. Für die Anwendung des Theodoliten als Vertikalwinkel-Instrument diene folgendes Beispiel. Wenn in Tafel V. Figur 63. die absolute Höhe des Punktes B und die horizontale Entfernung CB bekannt ist, und man soll die absolute Höhe des Punktes A, oder, was dazu gehört, AC bestimmen, so wird im Stationsorte A mit dem Theodoliten der Winkel ZAB gemessen. Wenn M der Mittelpunkt der Erde ist, so wird aus dem Dreieck CBM, in welchem CB und die beiden Erdradien CM und BM bekannt sind, der Centriwinkel CMB trigonometrisch berechnet werden können. Der Winkel BCM ist $= 90° - \frac{1}{2}$ CMB. Im Dreieck ABC ist Winkel BAC $= 180° -$ ZAB, Winkel ACB $= 180 - (90 + \frac{1}{2}$ CMB), da außerdem CB bekannt ist, so kann AC trigonometrisch berechnet werden.

C. Das Lehmann'sche Diopterlineal.

§. 70. Die Einrichtungen dieses Instruments zur Vertikalwinkel-Messung sind bereits im §. 27. 2. beschrieben worden. Die Genauigkeit, welche durch die Einrichtung erzielt wird, ist nicht so groß, daß auf Grund derselben trigonometrische Berechnungen angestellt werden können, sondern der Zweck derselben kann eigentlich nur die Bestimmung der Größe eines Neigungswinkels sein, nach dem die Schraffirung der Terrainabfälle in der Zeichnung stattfinden soll.

Die Einrichtungen des Instruments zu Höhenmessungen können in folgender Art benutzt werden:

Wenn in Tafel V. Figur 64. die Höhe des Punktes B über dem Stationspunkt A ermittelt werden soll, und die Entfernung DG bekannt

ist, so wird man das Lehmann'sche Visirlineal, nachdem dessen Objektivdiopter an die dem Okulardiopter nähere Stelle angeschraubt worden, an den Punkt D der horizontal gestellten Meßtischplatte, welcher dem Punkt A entspricht, anlegen und nach B visiren; der Schieber des Objektivdiopter wird von dem untersten Visirloche aus in der Richtung nach B eingestellt. Es verhält sich dann

$$DE : EF = DG : GB$$

$$GB = \frac{EF.DG}{DE.}$$

$$CB \# DG$$

$$CA = \frac{EF.DG}{DE.} + DA$$

Das heißt also: Man wird die Höhe eines Punktes B über einen Stationspunkt finden, wenn man so viel Hundert Theile, als der Schieber des Lehmann'schen Visirlineals angiebt, mit der Entfernung des Punktes B von dem Stationspunkte multiplicirt, durch 100 dividirt und dazu die Höhe des untersten Visirloches des Instruments über dem Stationspunkte des Terrains addirt. Wenn in Figur 65. der Punkt B aber tiefer liegt, so wird, nachdem das Lehmann'sche Visirlineal in derselben Weise wie vorhin gehandhabt worden, nur daß man von dem obersten Visirloche die Einstellung des Schiebers nach B bewerkstelligte,

$$CB = GB - CG$$

$$GB = \frac{EF.DG}{DE}$$

$$CB = \frac{EF.DG}{DE.} - CG$$

Die Ausführung der Rechnung wird wie oben stattfinden, nur ist hier die Ueberhebung des obersten Visirloches über den Stationspunkt DA = CG in Abzug zu bringen.

D. Der Höhenmesser von Schmalkalder.

§. 71. Das Instrument hat äußerlich dieselben Einrichtungen wie die Patentboussole, nur ist statt des Kartenblattes mit der bewegenden Kraft der Magnetnadel, an einem metallenen Halbkreise ein Gewicht so befestigt, daß die dadurch wirkende Schwerkraft, wenn die

Büchse des Instruments vertikal gehalten wird, der an dem Halbkreise vorhandenen Gradeintheilung mit dem mit 0° bezeichneten Theilstrich eine horizontale Lage giebt. Wenn demnach, um einen Neigungswinkel zu messen, in einem Stationspunkte von dem an dem Prisma angebrachten Okulardiopter über das Objektivdiopter nach einem Punkte visirt wird, welcher über dem Terrain eben so hoch liegt, als das Instrument über dem Erdboden gehalten wird, so liest man die Anzahl Grade des Neigungswinkels zwischen dem Stationspunkte und dem anvisirten Terrainpunkte gleichzeitig ab.

Nach dem Princip, wie der Schmalkalder Höhenmesser, sind mit einigen Aenderungen in der Einrichtung noch eine Menge andere Instrumente konstruirt worden, die aber, so wie der Schmalkalder Höhenmesser, gegenwärtig nicht mehr von besonderem Interesse sind.

Viertes Kapitel.

Höhenmeß- oder Nivellir-Instrumente.

§. 72. Unter Höhenmeß-Instrumente versteht man insbesondere diejenigen Instrumente, durch welche eine horizontale Ebene bestimmt wird, um nach dieser den Höhenabstand von Punkten messen zu können. Diese horizontale Ebene hat man auf folgende Art zu bestimmen gesucht:

1) Durch ein Loth wird eine lothrechte Linie bestimmt, und eine zu dieser rechtwinklig angebrachte Linie muß dann horizontal sein.

2) Durch die Eigenschaft von Flüssigkeiten, in offenen, kommunicirenden Röhren einen gleich hohen Stand einzunehmen, wird durch eine Visirung über die Spiegel dieser Flüssigkeit eine horizontale Ebene bestimmt.

3) Eine Röhrenlibelle besteht aus einer cylinderförmigen Glasröhre; der Längendurchschnitt dieser Röhre muß aber so beschaffen sein, daß Tafel V. Figur 66. ab dem Bogen eines Kreises entspricht. Wenn die Röhre mit einer Flüssigkeit, in der Regel Schwefeläther, so gefüllt ist, daß eine Blase noch übrig bleibt, so wird, wenn diese Blase eine Stellung in der Mitte von ab in c einnimmt, eine den

Radius cd rechtwinklig durchschneidende Ebene, Axe der Libelle genannt, horizontal liegen. Wenn ein Fernrohr mit seiner Axe, der Axe der Libelle parallel, angebracht ist, so wird durch eine Visirung durch dieses Fernrohr eine horizontale Ebene bestimmt.

A. Die Grund- oder Setzwage.

§. 73. Dieses Instrument besteht aus einem hölzernen oder metallenen Dreieck abc (Tafel VI. Figur 67.), an welchem ed rechtwinklig auf bc angegeben ist. In e ist eine Schnur mit einem Bleigewicht befestigt; spielt dann die Schnur in ed ein, so muß bc horizontal sein.

Das Instrument dient entweder zur Bestimmung von horizontalen Linien, oder um die Höhendifferenzen von Punkten anzugeben, wenn deren Horizontal-Entfernung sich in den Grenzen einiger Ruthen befindet.

Wenn z. B. Tafel VI. Figur 68. die Höhendifferenz der Punkte a und f ermittelt werden soll, also wenn ah horizontal ist, die Länge von hf, so wird die Grundwage auf eine im Punkt a aufgesetzte Setzlatte aufgelegt, und diese so lange um den Punkt a gehoben oder gesenkt, bis die Schnur der Grundwage einspielt; mit einem Meßstabe wird bc gemessen, dann die Setzlatte in c aufgelegt und die Grundwage in derselben Weise gehandhabt und de gemessen. Wenn der Punkt f höher liegt als e, so wird die Setzlatte mit ihrem vorderen Ende auf f gelegt werden, und dann ge gemessen werden müssen. Die Summe der Maße an einem Ende der Setzlatte gemessen von der Summe der Maße an dem anderen Ende in Abzug gebracht, giebt die Höhendifferenz zweier Punkte. Es ist demnach fh = bc + de — ge.

B. Die Kanal- oder Wasserwage.

§. 74. Eine cylinderförmige Röhre a (Tafel VI. Fig. 69.) von Messing oder Kupfer, etwa 3 bis 4′ lang und 1″ weit, ist an den beiden Enden bb aufwärts gebogen, und daran Glascylinder cc befestigt. Mit der Tülle e kann diese Röhre auf einem Zapfen eines älteren Stativs horizontal bewegt werden. Die Röhre wird mit

Wasser so weit gefüllt, daß dieses in die beiden Cylinder steigt, und dann giebt eine Visirung über die Oberfläche der beiden Wasserspiegel die horizontale Ebene an.

Dadurch, daß die Wasserflächen wegen der Adhäsion der Glasflächen einen concaven Spiegel bilden, ist eine Visirung über diese Wasserspiegel unsicher gemacht. Die Wasserspiegel schwanken leicht, namentlich durch Luftzug; sogenannte Windkappen schützen dagegen nur unvollkommen. Daher gebraucht man das Instrument bei Visirungen nur bis höchstens 50 Schritt. Der Transport des gefüllten Instruments für neue Stationirungen ist unbequem, und muß gewöhnlich eine Nachfüllung vorgenommen werden. Bei ein und derselben Station muß aber dieselbe Wasserfüllung beibehalten werden.

C. Die Quecksilberwage (von Keith).

§. 75. Nach demselben Princip wie die Wasserwage construirt, besteht das Instrument aus einem länglichen Kasten von hartem Holz (in der Regel Mahagoni) von etwa 2′ Länge, worin aus Holz eine Röhre von etwa $\frac{1}{4}$″ Weite angebracht ist, die sich an beiden Enden zu einer aufrechten prismatischen Röhre von 1″ Weite erweitert. Dieser Kasten wird mit einer unterhalb angebrachten Tülle auf ein älteres Stativ aufgesetzt, und in die Röhre Quecksilber gegossen, so daß dasselbe bis etwas über die Hälfte der prismatischen Röhre steigt. Auf die Quecksilberspiegel werden beim Gebrauch des Instruments elfenbeinerne Würfel von gleichem Gewicht aufgestellt, von denen das eine mit einem Okulardiopter, das andere mit einem Objektivdiopter versehen ist. Das Loch des Okulardiopters muß von der Unterfläche des Würfels genau so weit entfernt sein, als der Horizontalfaden des Objektivdiopters. Bei dem Transport des Instruments zu neuen Stationirungen werden die Würfel herausgenommen, und die Röhren durch angeschraubte Klappen geschlossen.

Das Instrument hat den Vortheil gegen die Wasserwage, bequemer Stationirungen vornehmen zu können, und daß die Quecksilberspiegel nicht so leicht schwanken. Aber wegen der geringeren Länge des Instruments, und weil die Würfel sich leicht in der prismatischen Röhre klemmen können, darf auch eine weitere Visirung als auf 50 Schritt damit nicht vorgenommen werden.

D. Das Libellen-Nivellir-Instrument.

§. 76. Die Detail-Einrichtungen dieses Instruments sind je nach dem näheren Zweck des Nivellirens von den Mechanikern sehr verschieden eingerichtet worden. Zu geodätische Arbeiten für Fortifikations-Zwecke ist das in Tafel VI. Fig. 70. Dargestellte gebräuchlich. Die wesentlichen Bestandtheile des Instruments sind die Libelle B, das Fernrohr A, eine feine Horizontal- und feine Vertikal-Bewegung. Das Instrument wird auf ein Tellerstativ gestellt.

§. 77. Die Bedingung der Richtigkeit des Instruments ist die parallele Stellung der Axe des Fernrohrs, der Axe der Libelle, und der horizontalen Drehungsebene des Instruments, oder was in der letzteren Beziehung dasselbe ist, die rechtwinklig zur Axe des Fernrohrs oder Libelle befindliche Stellung der vertikalen Axe der Horizontal-Bewegung.

Es muß zuerst untersucht werden, ob die Axe des Fernrohrs mit der Axe der Libelle parallel ist. Zu dem Zweck stellt man bei einer festgestellten Richtung des Fernrohrs mittelst der Vertikal-Bewegung die Blase der Libelle so, daß dieselbe in der Mitte steht. Die Axe der Libelle wird in Fig. 73. die horizontale Stellung ab einnehmen, und die Axe des Fernrohrs oder was dasselbe ist, die Auflagerfläche des Fernrohrs, wenn dieselbe nicht parallel ab ist, in cd zu liegen kommen. Wenn das Fernrohr cd aus den Lagern genommen, und umgelegt wird, so daß d nach d', und c nach c' zu liegen kommt, so würde, wenn ab ⋕ cd wäre, die Blase der Libelle wieder in der Mitte einspielen; die Axe der Libelle wird aber in dem vorliegenden Falle die nicht horizontale Lage b' a' erhalten. Mittelst der Libellen-Correktionsschraube Q wird hierauf die Blase auf die Hälfte der Entfernung, die sie von der Mitte der Libelle aus eingenommen hat, eingestellt, und die Axe der Libelle wird die Stellung b'' a'', den Winkel agb' halbirend, einnehmen und eine zu cd parallele Lage gewinnen. Um sich davon aber noch sicher zu überzeugen, wiederholt man die Operation in der Art, daß zunächst mittelst der Vertikal-Bewegung, also mittelst der Vertikal-Stellschraube am Dreifuß die Axe der Libelle horizontal gestellt, und darauf das Fernrohr in den Lagern wiederum umgelegt wird; bleibt die Blase der Libelle noch nicht in der Mitte, so muß die Libellen-Correktionsschraube in

der vorigen Art in Thätigkeit gesetzt werden. Wenn die Correktion der parallelen Lage der Axe des Fernrohrs und die der Libelle vorgenommen worden, kann erst die Untersuchung erfolgen, ob in Fig. 74. die Axe des Fernrohrs cd auch eine parallele Lage zur Drehungsebene ef des Instruments hat.

Zu dem Zweck giebt man der Axe der Libelle, durch das Einstellen der Blase in die Mitte, mittelst der Vertikal-Bewegung des Instruments die horizontale Lage ab, es ist dann auch cd horizontal. Das Fernrohr wird hierauf mittelst der Horizontal-Bewegung des Instruments um 180° herumgedreht, dann muß, wenn cd ⋕ ef ist, die Blase wieder in der Mitte einspielen. Ist dies nicht der Fall, so wird cd durch die Umdrehung um 180° die Lage c′d′, und ab die Lage a′b′ erhalten. Durch die Correktionsschraube w der Fernrohrlager wird die Blase in die Hälfte der Entfernung von der Mitte der Libelle eingestellt, wodurch a′b′ die Lage a″b″, und c′d′ die Lage c″d″ erhält, welche Lagen parallel mit ef sich befinden werden. Um dessen sicher zu sein, wiederholt man die Operation so oft, bis die Blase der Libelle bei einer Drehung um 180° immer in der Mitte stehen bleibt.

§. 78. Wenn bei den Einrichtungen des Libellen-Nivellir-Instruments eine Bestimmung einer horizontalen Ebene von einem Stationsorte nach jeder Richtung vorgenommen werden soll, so stellt man die Blase der Libelle bei der bestimmten Richtung des Fernrohrs in die Mitte ein; dreht dann das Fernrohr um 90° herum, und stellt auch in dieser Richtung die Blase in die Mitte. Dieses Horizontalstellen in der Richtung um 90° muß so oft wiederholt werden, bis die Blase der Libelle in beiden Richtungen einspielt. Es ist jedoch hinreichend diese Uebereinstimmung nur einigermaßen zu bewirken, und bei einer jedesmaligen Nivellirung nach einer anderen Richtung für diese insbesondere noch das genauere Einspielen der Libelle vorzunehmen. Das Libellen-Nivellir-Instrument hat gegen die Wasser- und Quecksilberwage eine bedeutend größere Genauigkeit, und können auf Grund derselben Visirungen bis zu 100° entfernten Punkten vorgenommen werden. Die Stationirung des Instruments ist aber umständlicher.

Operationen mit den Nivellir-Instrumenten.

§. 79. Als Hülfs-Instrument für diese Operationen dient die **Nivellirlatte** oder auch **Tableau** genannt; dieselbe ist eine Latte 12′ lang, in Fuße, Zolle und $\frac{1}{4}$ Zolle oder Linien getheilt (Duodezimalmaß), an der sich eine schwarz und weiß, oder roth und weiß angestrichene Tafel mittelst einer Schnur herauf und herunterschieben läßt. Praktischer ist eine etwa $6\frac{1}{2}$′ lange Latte, in welcher mittelst eines Falzes eine zweite Latte mit 2 Tafeln, welche 6′ von einander entfernt sind, auf und niedergeschoben werden kann.

§. 80. Wenn in Fig. 71. der Höhenunterschied der Punkte a und b gemessen werden soll, so stationirt man das Nivellir-Instrument in A zwischen a und b, oder wenn das Terrain dies nicht gestattet, so stationirt man es in B. Die erstere Art der Stationirung wird „das Nivelliren aus der Mitte", die letztere „das Nivelliren von einem Ende aus", benannt, obgleich die Operationen nicht verschieden sind. Die Nivellirlatte wird in a aufgestellt, die Mitte der Tafel nach der horizontalen Visirlinie des Instruments eingestellt, und das Maß ac bemerkt. Dann wird die Nivellirlatte in b aufgestellt, und in gleicher Art das Maß bd bemerkt. Ist das Maß der Nivellirlatte in b größer, als in a, so muß b tiefer liegen, als a, und wird die Höhendifferenz dieser beiden Punkte, wenn ae ⧺ cd ist, be = bd — ac sein.

§. 81. Wenn in Fig. 72. die Entfernung des Nivellir-Instruments bei einer Stationirung zwischen a und b, deren Höhendifferenz bestimmt werden soll, von diesen Punkten größer ist als es die Genauigkeit der Visirung des Instruments zuläßt, oder wenn bei der Visirung die Länge der Nivellirlatte nicht mehr ausreicht, so müssen mehrere Stationirungen stattfinden. Man stationirt demnach das Instrument in I, visirt nach der Nivellirlatte in a, also nach rückwärts, und bemerkt das Maß ae; die Aufstellung der Nivellirlatte in c, also nach vorwärts, giebt das Maß fc. Wenn al horizontal gedacht wird, so ist fc — ae = lc, um welches Maß c gegen a tiefer liegt oder fällt. Von der Station II giebt die Visirung nach rückwärts in c das Maß gc, nach vorwärts in d das Maß dh; der Punkt d wird gegen c um gc — dh = cm steigen. Von der Station III giebt die Visirung nach rückwärts in d das Maß di, nach vorwärts in b

das Maß bk; der Punkt b wird gegen d um bk — di = bn fallen. Die Höhendifferenz der Punkte b und a, also bo = — lc + mc — nb.

Um solche Operationen übersichtlicher und bequemer zu machen, werden die Maßbestimmungen in folgender Art notirt und berechnet.

Nivellement der Punkte A und B.

Station.	Rückwärts.			Vorwärts.			Fällt.			Steigt.			Bemerkungen.
	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	
I.	5	6	2	8	3	4	2	9	2	=	=	=	Punkt A liegt + 63′ 2″ mithin Punkt B, + 59′ 3″ 10‴.
II.	4	1	=	2	=	=	=	=	=	2	1	=	
III.	1	=	=	4	2	=	3	2	=	=	=	=	
							5	11	2	2	1	=	
							2	1	=				
Der Punkt B liegt							3	10	2	tiefer als A.			

Fünftes Kapitel.

Die Netzlegung.

§. 82. Jeder Aufnahme eines Terrainabschnittes mit dem Meßtische muß eine sorgfältige Aufnahme von einzelnen geeigneten Hauptpunkten dieses Terrainabschnittes, Netzpunkte genannt, vorangehen, welche die Grundlage für weitere Aufnahme der Einzelnheiten bilden. Diese Feststellung der Netzpunkte, Netzlegung genannt, kann im Allgemeinen auf zweierlei Art stattfinden, auf **geometrischem** und auf **trigonometrischem Wege**.

A. Die geometrische Netzlegung.

§. 83. Für jede Netzlegung muß auf dem Terrain die Länge einer graden Linie, Standlinie oder Basis genannt, gemessen werden. Für die geometrische Netzlegung insbesondere, wird gewöhnlich die Länge dieser Standlinie nicht viel größer sein können als etwa 300 Ruthen, indem eine längere Linie zu messen mit Schwierigkeiten verknüpft ist, namentlich aus dem Grunde, weil das Terrain selten in größerer Länge in grader Richtung in dem Grade zugänglich ist, daß eine Längenmessung nicht auf Hindernisse treffe. Dazu kommt noch, daß man sich für die Lage der Standlinie nicht immer den Theil des Terrains aufsuchen kann, welcher auf größere Länge von 300° zugänglich wäre, indem die Lage der Standlinie wesentlich von der Lage der geeigneten Netzpunkte abhängig ist. Die Netzpunkte werden nämlich durch Vorwärtsschneiden von den Endpunkten der Standlinie bestimmt, und dabei dürfen sich die Visirlinien nicht unter schieferen Winkel als etwa 20° schneiden. Wenn nun aus diesen Gründen die Länge der Standlinie höchstens 300° wird lang sein können, so werden die zwei von einander entferntesten Netzpunkte nicht weiter als etwa 600° entfernt sein dürfen, und damit auch die Netzpunkte auf dem aufzunehmenden Terrain angemessen vertheilt sind, wird dieses Terrain keine größere Ausdehnung als etwa 1800° nach Länge und Breite haben können. Es gilt ferner als Regel, daß die geometrische Netzlegung in demselben Maßstabe aufgenommen werden muß, als die weitere Aufnahme der Einzelnheiten; andrerseits kann die geometrische Netzlegung nur auf dem Raum einer Meßtischplatte erfolgen. Bei 15 dec″ Seite der Meßtischplatte wird bei der oben begründeten Grenze der Ausdehnung der aufzunehmenden Terrainstrecke von etwa 1800° der Maßstab nicht größer sein dürfen, als 1 : 12500, denn 15 . 125 = 1875 Ruthen. Nur ausnahmsweise kann es gestattet sein, die geometrische Netzlegung höchstens in einem doppelt so kleinen Maßstabe auszuführen, als die eigentliche weitere Aufnahme stattfindet, und dann wird beispielsweise, wenn die geometrische Netzlegung im Maßstabe von 1 : 12500 vorgenommen wird, die Aufnahme des Terrainabschnittes von 1800° Seite im Maßstabe von 1 : 6250 sich auf 4 Meßtischblätter, Sektionen genannt, vertheilen, und die Uebertragung der Netzpunkte auf die einzelnen Sektionen im Maßstabe von

1 : 6250 am besten auf Grund einer Abcissenaxe, in der Regel die Nordlinie, durch Coordinaten erfolgen müssen. Eine Uebertragung der Netzpunkte in einem größeren Maßstab, als der Doppelte, würde zu große Ungenauigkeiten zur Folge haben.

§. 84. Für die Ausführung der geometrischen Netzlegung werden zunächst auf der aufzunehmenden Terrainstrecke sich scharf markirende und von vielen Richtungen aus sichtbare Terrain-Gegenstände, als Thurmspitzen, Schornsteine, einzelne Bäume, Giebelspitzen und dergleichen ausgesucht, und auch solche Punkte besonders mit Signalen bezeichnet, deren Festlegung wünschenswerth erscheint. In Betreff der Zahl solcher Punkte kann im Allgemeinen als Regel dienen, daß mindestens 4 Netzpunkte für eine Sektion, und für den Fall, daß die aufzunehmende Terrainstrecke nur eine Meßtischplatte einnimmt, so fordert es die Genauigkeit der Aufnahme, wenn so viel Punkte als möglich bestimmt werden. Es wird hierauf eine möglichst ebene Terrainstrecke ausgesucht, so daß eine Standlinie, auf derselben abgesteckt und gemessen, eine solche Lage und Länge erhalten kann, daß von den Endpunkten aus möglichst alle Netzpunkte durch Vorwärtsabschneiden mit dem Meßtisch bestimmt werden können. Die Endpunkte der Standlinie und wo möglich noch ein dritter Punkt zwischen den Endpunkten im Allignement werden durch Signale bestimmt. Für den Fall, daß ein Einrichten mit bloßem Auge wegen zu großer Entfernung der Signalpunkte nicht stattfinden kann, kann dasselbe mittelst des Fernrohrs der Kippregel erfolgen, indem der Meßtisch in dem einen Endpunkt stationirt, und dieser auf die Meßtischplatte genau lothrecht übertragen wird. Nachdem die Kippregel an diesen Punkt angelegt und nach dem anderen Endpunkte eingerichtet worden, können weitere Einrichtungen dann durch das feststehend bleibende Fernrohr in dieser Richtung leichter und schärfer erfolgen. Die Länge der Standlinie kann mit der Meßkette gemessen werden, wenn die Standlinie horizontal liegt. Es ist zu empfehlen, die Längenmessung zweimal erfolgen zu lassen, um bei übereinstimmenden Maßen die Ueberzeugung zu gewinnen, richtig gemessen zu haben. Mögliche Differenzen dabei dürfen in dem Maßstabe, in dem die Netzlegung erfolgt, keinen Ausdruck erhalten.

§. 85. Der Meßtisch wird in einem Endpunkte stationirt, und mit der Orientirboussole so orientirt, daß eine mit einer Kante der

Meßtischplatte parallel gezogene Standlinie nach dem magnetischen oder unter Berücksichtigung der magnetischen Abweichung nach dem astronomischen Norden gerichtet ist. Von dem Punkt der Meßtischplatte, welcher sich lothrecht über den Anfangspunkt der Standlinie befindet, wird dann mit der Kippregel, da diese wegen der größeren Schärfe des Visirens gegen andere Visirlineale vorzuziehen ist, nach dem anderen Endpunkt der Standlinie visirt, und die Visirlinie gezogen. Die Standlinie wird dann so auf die Meßtischplatte parallel zu dieser Linie aufgetragen, daß sie auf der Meßtischplatte eine solche Lage gewinnt, wie sie sie auf der aufzunehmenden Terrainstrecke besitzt. In der Regel wird dafür die Bestimmung durch das Augenmaß ausreichend sein, indem die Grenzen der aufzunehmenden Terrainstrecke niemals so genau festgestellt sein werden. Man kann zu diesem Zweck auch einen Plan benutzen, welcher die aufzunehmende Terrainstrecke vielleicht in einem weit kleineren Maßstabe enthält, und in diesem die aufzunehmende Terrainstrecke durch orientirte Begrenzungslinien bezeichnen. Die Standlinie wird dann nach der Lage, die sie ungefähr zu Terrain-Gegenständen, die der Plan enthält, aufgezeichnet und in der Lage wie die so eingezeichnete Standlinie sie nach den Begrenzungslinien der aufzunehmenden Terrainstrecke hat, wird dieselbe parallel zu der auf der Meßtischplatte vorhin gezogenen Visirlinie auch in derselben Lage zu den Randlinien der Meßtischplatte gezogen.

Der Meßtisch wird demnächst noch einmal stationirt, aber so, daß der gewählte Anfangspunkt der Standlinie sich lothrecht über den Punkt des Terrains befindet; die Länge der Standlinie wird im verjüngten Maßstabe aufgetragen, und der Meßtisch nach dieser orientirt. Das weitere Verfahren ist kein anderes, als das in den Elementar-Operationen gezeigte Vorwärtsabschneiden, nur muß mit besonderer Sorgfalt verfahren werden, so daß sich, als Beweis der Richtigkeit der Operationen, die Visirlinien von den drei aufgetragenen Punkten der Standlinie nach einem Netzpunkte auch in einem Punkte schneiden müssen.

In den Fällen, wo ein besonders geeigneter Netzpunkt von der Standlinie aus nicht hat festgelegt werden können, ist es gestattet, von einem Endpunkte der Standlinie und von einem oder von zwei oder drei von der Standlinie aus festgelegten Netzpunkten, wenn diese eine Aufstellung mit dem Meßtisch gestatten, solchen Punkt durch Vorwärtsabschneiden zu gewinnen.

B. Die trigonometrische Netzlegung.

§. 86. Wenn das aufzunehmende Terrain eine solche Ausdehnung hat, daß eine geometrische Netzlegung nicht mehr ausführbar ist, erfolgt eine Bestimmung der Netzpunkte auf trigonometrischem Wege. Es sollen hierbei zwei Fälle unterschieden werden, und zwar, ob die trigonometrische Netzlegung für eine Landesaufnahme im Maßstabe von 1 : 25,000, oder ob sie zur Aufnahme einer Festung und des umliegenden, im Bereich der artilleristischen Wirksamkeit liegenden Terrains dienen soll.

a. Die trigonometrische Netzlegung für eine Landes-Aufnahme.

§. 87. Es kann darüber hier nur eine kurze und übersichtliche Auseinandersetzung des Verfahrens gegeben werden, wie solches für die trigonometrische Netzlegung im Preußischen Staate vom Preußischen General-Stabe eingeschlagen worden.

Man bestimmt Punkte über den aufzunehmenden Landestheil, welche sich in einer Entfernung von etwa 15,000 bis 25,000 Ruthen befinden und die mit einander sich an einander reihende Dreiecke bilden, wie in Tafel VI. Figur 75. die Punkte A, B, C, D, E, F, G, H, P, welche man Punkte erster Ordnung nennt. Um aber die Lage dieser Punkte zu einander zu bestimmen, ist es nothwendig, die Winkel zu messen, die die Punkte in den Dreiecken mit einander bilden. Es geschieht dies durch große Theodoliten, und um die Richtpunkte für die Winkel sichtbar zu machen, bedient man sich der Heliotropen. Um eine trigonometrische Berechnung der Seiten in diesen Dreiecken vornehmen zu können, muß wenigstens die Länge einer Seite bekannt sein; diese zu messen, würde unerreichbare Schwierigkeiten entgegenstellen; man mißt daher blos eine Standlinie oder Basis von etwa 2,000 Ruthen mit der größten Sorgfalt, mit den schon erwähnten besonderen Meßapparaten. Von dieser Basis aus, in Figur 75. ist sie in xy dargestellt, werden nach und nach immer größere Dreieckseiten in Verbindung mit Winkelmessungen berechnet, bis man endlich zur Berechnung der Entfernung von Punkten erster Ordnung gelangt, welche in dem Dreiecke PBF die Basis einschließen. Hierdurch wird

nur die gegenseitige Lage aller Netzpunkte bestimmt, aber es müssen nun auch dieselben auf der Erde bestimmt werden. Zu dem Ende muß die Länge und Breite eines Punktes P, welcher gewöhnlich eine Sternwarte ist, bekannt sein, oder auf astronomischem Wege ermittelt werden, und der Winkel, Azimuthwinkel, welchen P mit einem zweiten Punkte F gegen den Meridian NS bildet, bestimmt werden, woraus sich alsdann die geographische Lage aller übrigen Punkte herleiten läßt, z. B. für F durch Berechnung von Pf und Ff im Dreiecke PFf.

§. 88. Durch das Netz erster Ordnung hat man die Haupt-Anhaltspunkte für die ganze Vermessung gewonnen. Ihre Zahl ist aber noch nicht hinreichend, um die Detail-Vermessung daran knüpfen zu können; daher berechnet man aus den Dreiecken erster Ordnung kleinere Dreiecke zweiter Ordnung, als DPe, Deg, DPa ꝛc., und von diesen Punkten e, a, g ꝛc. wiederum kleinere Dreiecke Deα, ePβ, welche die Punkte α, β ꝛc. dritter Ordnung geben. Die Zahl der ganzen Netzpunkte muß von der Art sein, daß wenigstens auf eine Quadratmeile 3 Punkte kommen.

Um die Detail-Messung durch einzelne Meßtischblätter an diese Netzpunkte anzuknüpfen, werden Abtheilungen gebildet durch Meridiane und Parallelkreise in der Entfernung von 1°. Dieser Grad wird so lang gemacht, als seine Ausdehnung in Längeneinheiten für die betreffende geographischen Längen- und Breitengrade beträgt, indem namentlich die Längengrade desto kürzer werden, je mehr sie nach den Polen zu liegen kommen, so daß z. B. die Abtheilung zwischen dem 31. und 32. Grad der Länge und dem 52. und 53. Grad der Breite, auf dem 52. Breitengrade eine Länge von 18230,28 Ruthen, auf dem 53. Breitengrade aber eine Länge 17821,25 Ruthen und eine Breite von 29540,73 Ruthen hat. Eine solche Gradabtheilung wird nach der Längenrichtung in 6 Theile, Bande genannt, getheilt, so daß jeder Theil eine Länge von 10 Minuten hat und nach der Breitenrichtung in 10 Theile, Blätter genannt, jeder Theil demnach 6 Minuten breit, getheilt, so daß jede einzelne Sektion einer Gradabtheilung bei dem Maßstabe von 1 : 25,000 der Größe einer Meßtischplatte entspricht und nach Auftragung der Netzpunkte, nach ihrer berechneten geographischen Länge und Breite für die weitere topographische Aufnahme durch den Meßtisch bestimmt ist.

b. Die trigonometrische Netzlegung für die Aufnahme von Festungen und des umliegenden Terrains im Maßstabe von 1 : 2880.

§. 89. Man wählt zunächst einen Punkt auf dem Terrain aus, dessen Meridian als Abcissenaxe für die Berechnung der Coordinaten der Netzpunkte und der gleichzeitig auch als Anfangspunkt der Abcissen dienen soll. Dieser sich scharf markirende Punkt muß möglichst in der Mitte des aufzunehmenden Terrains sich befinden und ziemlich von allen Seiten des umliegenden Terrains gesehen werden können. Es werden sich dazu Thurmspitzen oder besonders dazu aufgerichtete Signale auf hoch gelegenen Festungswerken eignen.

§. 90. Es folgt hierauf die **Wahl der Standlinie**. Das Terrain, auf welches die Standlinie abgesteckt und gemessen werden soll, muß, um die horizontale Längenmessung zu erleichtern, möglichst eben und zugänglich sein; darunter ist insbesondere gemeint, daß z. B. die Standlinie nicht über Ackerland geht, sondern daß sie z. B. längs dem Rande einer Chaussee, auf in der Nähe der Festungen gewöhnlich vorhandenen Exercirplätzen, oder doch wenigstens auf einen sogenannten Rain zu liegen kommt, welcher zwei Ackergrundstücke von einander trennt. — Die Standlinie muß ferner eine solche Lage haben, daß von den Endpunkten der gewählte Anfangspunkt der Abcissenaxe gesehen wird, und die Winkel, welche die Endpunkte mit dem Anfangspunkt und der Richtung der Standlinie bilden, nicht spitzer als etwa 20° sind. Von den Endpunkten muß aber andrerseits auch eine möglichst große Umsicht erreicht werden können.

§. 91. Die **Messung der Standlinie** kann, wenn das Terrain ohne Unterbrechung möglichst horizontal ist, mit einer in ihrer Richtigkeit geprüften Meßkette erfolgen. Die Messung muß selbstredend mit Sorgfalt erfolgen, und die Endpunkte auf das Ende der Länge von ganzen oder halben Ruthen gelegt werden. Ist das Terrain in der ganzen Länge der Standlinie nicht in dem Grade horizontal, so muß die Messung der Standlinie mittelst ganzer Ruthen erfolgen. Man muß sich aber zunächst von der Richtigkeit der Länge der ganzen Ruthen überzeugen, welches am zuverlässigsten dadurch geschieht, daß man sich mit den Behörden, bei welchen Normal-Maßstäbe niedergelegt

sind, in Verbindung setzt. Die Messung der Standlinie erfolgt dann gewöhnlich auf besonders dazu eingerichteten drei dreibeinigen Schemeln oder Böcken, wie in Tafel VI. Figur 78., wo die Platte b mittelst einer Schraubenspindel a auf= und niedergeschraubt werden kann. Damit wird in folgender Weise verfahren: Es werden zunächst mittelst des Fernrohrs des Theodoliten mehrere Zwischenpunkte in der Standlinie, der man ausreichend eine Länge von etwa 200° giebt, eingerichtet, in solcher Entfernung, daß man sie mit bloßen Augen klar sehen kann. Es geschieht dies einfach dadurch, daß der Theodolit über einen Endpunkt der Standlinie genau lothrecht aufgestellt und das Fernrohr nach dem anderen Endpunkte eingerichtet wird, so daß nach dem so festgestellten Fernrohr die Einrichtung der Zwischenpunkte mit großer Schärfe erfolgen kann.

Der 1. Schemel wird über den Anfangspunkt der Standlinie; der 2. Schemel wird in solcher Entfernung in der Richtung der Standlinie aufgestellt, daß eine ganze Ruthe auf beiden Platten b ihr Auflager finden kann. Die Ruthe wird hierauf mit dem auf der Platte des 1. Schemels befindlichen Ende genau lothrecht über den Anfangspunkt gelegt, und mittelst Stiften, welche an den Enden der Ruthen angebracht sind, nach den Zwischenpunkten der Standlinie eingerichtet. Mittelst einer Grundwage, welche auf die Ruthe aufgestellt wird, wird diese durch Auf= oder Niederschrauben der Platte des 2. Schemels in eine horizontale Lage gebracht. Nachdem man sich nachträglich noch einmal von der Richtung der Ruthe überzeugt, wird das Ende der Ruthe auf der Platte des 2. Schemels mit einem Bleistiftstrich bezeichnet. Es wird hierauf der 3. Schemel in derselben Weise aufgestellt, und eine zweite Ruthe an das Ende der ersten Ruthe auf der Platte des 2. Schemels und der des 3. Schemels aufgelegt, und wie vorhin verfahren, und auf diese Art die ganze Länge der Standlinie gemessen. Es wird stets zu empfehlen sein, die Länge der Standlinie zweimal zu messen, um sich durch die Uebereinstimmung beider Messungen von der Richtigkeit der ermittelten Länge zu überzeugen.

§. 92. Die **Bestimmung des Azimuths der Standlinie**, also des Winkels, welcher die Richtung der Standlinie mit dem Meridian bildet, kann erfolgen:

1) mit dem Theodoliten. Derselbe wird auf einem der End=

punkte der Standlinie stationirt, und der Index auf 0 Grad gestellt; mit der Bewegungs-Einrichtung des Limbus wird das Fernrohr nach dem anderen Endpunkte eingerichtet, und hierauf mit der Bewegungs-Einrichtung der Alhidade Vormittags nach dem oberen oder unteren Rande der Sonne mit dem Horizontalfaden des Fadenkreuzes eingestellt, und in dieser Vertikalstellung festgestellt. In Fig. 76 wäre die Alhidade um den Winkel ABH gedreht worden. Das Fernrohr wird hierauf mit der Alhidaden-Bewegung unter demselben Vertikalwinkel so weit horizontal gedreht, bis man des Nachmittags die Sonne wieder in derselben Höhe erblickt, und der Winkel, den der Index dann angiebt, wäre ABH'. Dann ist, wenn NS die Richtung des Meridians bedeutet, $\angle$ HBH' = HBA + ABH', HBN = NBH';
$HBN = \frac{HBA + ABH'}{2}$; $ABN = \frac{HBA + ABH'}{2} - ABH$.

Statt der Sonne hätte für die Beobachtung auch Vormitternacht und Nachmitternacht ein und derselbe Fixstern dienen können, welcher zur Zeit der Beobachtung Vormitternacht unzweifelhaft noch nicht culminirt hat.

2) Durch die Boussole. Dies Instrument wird auf einem der Endpunkte stationirt, und das Fernrohr desselben nach dem anderen Endpunkte der Standlinie eingerichtet, und der Winkel abgelesen, welchen die Standlinie mit den Polen der Nadel, also mit dem magnetischen Meridian bildet. Die Beobachtung muß aber um ungefähr 10 Uhr des Vormittags vorgenommen werden, da zu dieser Zeit die tägliche Variation der Magnetnadel am geringsten ist. Um aber den Winkel, den die Standlinie mit dem astronomischen Norden bildet, zu erhalten, muß die magnetische Abweichung für die Zeit und den Ort der Beobachtung in Anrechnung gebracht werden; diese Abweichung ist am besten durch die nächstliegende Sternwarte zu erfahren.

§. 93. Für die **Auswahl der Netzpunkte** sind mehrfache Rücksichten zu nehmen.

1) Alle wichtigsten Punkte der Festung, welche die Lage der einzelnen Festungswerke insbesondere bestimmen, müssen trigonometrisch festgelegt werden. Dazu gehören z. B. die ausspringenden Winkel in der Feuerlinie der Bastione, Raveline, der einzelnen Forts, ferner Punkte an besonders anderweitig fortifikatorisch wichtigen Anlagen, als

Schleusen u. s. w., die aber, wo möglich alle, eine solche Eigenschaft haben müssen, daß man sich auf denselben mit Instrumenten stationiren kann.

2) Es müssen Punkte auf dem umliegenden Terrain bestimmt werden, deren genaue Lage aus fortifikatorischen Rücksichten wünschenswerth sind, z. B. die Rayonsteine, einzelne Jagdgrenz- und Fortifikations-Grenzsteine. Ferner Punkte auf dem umliegenden Terrain, deren genaue Festlegung deshalb nothwendig ist, weil von denselben aus in Verbindung mit anderen Netzpunkten die weitere topographische Aufnahme namentlich mit dem Meßtisch sich anschließen soll. Sie müssen ebenfalls die Eigenschaft haben, daß man sich mit dem Meßtisch auf denselben stationiren kann.

3) Es müssen ferner als Netzpunkte bestimmt werden, Terrain-Gegenstände, welche hervorragend sind und sich deutlich nach mehreren Seiten hin marquiren, wie z. B. Thurmspitzen, Blitzableiter an Pulvermagazinen u. s. w. Diese Punkte sollen für die topographische Aufnahme zur Orientirung und zur Controlle der Operationen dienen.

Alle Netzpunkte, die sich nicht durch sich selbst scharf marquiren, müssen, so weit man sie für die Zeit der Aufnahme braucht, mit Signalstangen versehen werden, außerdem aber mit Pfählen, oder wenn die Bezeichnung gesicherter und dauernd stattfinden soll, besonders mit Steinen bemerkt werden.

§. 94. Alle Winkelmessungen erfolgen mit dem Theodoliten, es genügt, wenn derselbe 6 bis 8" Durchmesser hat. Die Richtigkeit der Winkelmessnng ist ausreichend genau, wenn dieselbe mit zweimaliger einfacher Repetition stattfindet. Alle Winkelmessungen werden in ein besonderes Register etwa nach dem Schema, wie es Beilage A zeigt, eingetragen.

§. 95. **Berechnung der Coordinaten** der Endpunkte der Standlinie A und B.

(Tafel VI. Fig. 77.) Wenn z. B. R eine Thurmspitze ist, dessen Meridian als Abcissenaxe, und wo die Thurmspitze selbst als Anfangspunkt dienen soll, so werden die Winkel RBA und BAR gemessen. In dem Dreieck ABR, wo dann AB und die beiden anliegenden Winkel und demnach auch $\angle$ BRA bekannt sind, wird BR und AR berechnet.

$$AR = \frac{AB \sin RBA}{\sin BRA}$$

$$BR = \frac{AB \sin BAR}{\sin BRA}$$

Wenn in dem Dreieck RAa, Aa Ordinate, und Ra Abcisse ist, so wird in diesem Coordinaten-Dreieck, da bei Ermittlung des Azimuthswinkels α der Standlinie sich z. B. herausgestellt hat, daß BA mit dem Meridian durch R unter dem Winkel α nach Süden convergirt, der $\angle$ ARa $= \alpha - (180 - BAR)$ sein. Wenn für $\angle$ ARa dadurch eine Anzahl Grade herauskommt, die zwischen 0° und 90° liegt, so wird die Ordinate Aa nach Westen, die Abcisse Ra nach Süden liegen. Wenn nun für alle Netzpunkte die Anzahl der Grade des Winkels, welchen die Linie vom Netzpunkte nach dem Punkte R mit dem Meridian von R bildet, so gezählt wird, das 0 Grad nach Süden liegt, und die Zählung von Süden nach Westen stattfindet, so wird bei einem Winkel von 0° bis 180° die Ordinate des Netzpunktes nach Westen; von 180° bis 360° nach Osten; die Abcisse des Netzpunkles bei einem Winkel von 90° bis 270° aber nach Norden, und von 270° bis 90° nach Süden liegen. Für die Berechnung aber wird immer der spitze Ergänzungswinkel des Azimuthswinkels in Ansatz gebracht.

Im Dreieck RAa ist

$$Aa = AR \sin ARa$$
$$Ra = AR \cos ARa.$$

Für die Bestimmung der Coordinaten des anderen Endpunktes B der Standlinie ist im Dreieck ABR, BR berechnet worden.

$$\angle BRb = BRA + ARa.$$

Wenn hierbei also $\angle$ BRa nicht größer als 180° ist, so muß die Ordinate nach Westen, und ist er zwischen 90° und 270°, so muß die Abcisse nach Norden liegen.

Für die trigonometrische Berechnung ist im Coordinaten-Dreieck BbR

$$Bb = BR \sin BRb$$
$$Rb = BR \cos BRb.$$

§. 96. Coordinaten-Berechnung eines Netzpunktes I, von den man einen bereits berechneten Netzpunkt und den Punkt R sehen kann.

Es werden die $\angle$ BIR und $\angle$ IBR gemessen. In Dreieck IBR ist bereits RB berechnet worden und

$$IR = \frac{RB \sin RBI}{\sin BIR}$$

$$\angle IRa = BRa + IRB.$$

Im Coordinaten-Dreieck IR1 ist

$$\angle IR1 = 180 - IRa$$

$$I1 = IR \sin IR1$$

$$R1 = IR \cos IR1.$$

Diese Bestimmung der Netzpunkte ist die einfachste, und sind demnach, wo möglich solche Punkte, als Netzpunkte zu wählen, von denen man R und einen solchen bereits berechneten Netzpunkt sehen kann, daß die Winkel, welche an den beiden Netzpunkten nach R zu liegen, nicht kleiner als etwa 10° sind, weil bei kleinerem Winkel Fehler in der Winkelmessung sich möglicherweise geltend machen könnten.

§. 97. Ist aber die Bestimmung eines Netzpunktes erforderlich, der die Eigenschaft hat, daß man von ihm aus den Anfangspunkt R nicht sehen kann, oder der eine Aufstellung mit dem Theodoliten nicht gestattet, z. B. der Punkt II, aber man kann diesen Punkt von zwei anderen Punkten, von denen R gesehen werden konnte, z. B. von A und B aus beobachten, so ist die Berechnung, wie dies bei jeder der Fall ist, dahin gerichtet, die Linie IIR zu berechnen, welche der zu bestimmende Netzpunkt mit dem Anfangspunkt R der Abcissenaxe bildet.

In A wird $\angle$ RAII
in B wird $\angle$ RBII

gemessen.

$$\angle BIIA = 180 - (\underbrace{IIBA}_{RBA - RBII} + \underbrace{BAII}_{RAB + RAII})$$

Im Dreieck ABII ist

$$IIB = \frac{AB \sin BAII}{\sin BIIA.}$$

Im Dreieck BRII ist

$$IIR = \sqrt{BR^2 + BII^2 - 2 \,.\, BR \,.\, BII \cos RBII.}$$

Um im Coordinaten-Dreieck IIR2 den $\angle$ IIR2 zu erhalten, muß im Dreieck BRII der $\angle$ BRII berechnet werden.

$$\sin IIRB = \frac{IIB \sin RBII}{IIR.}$$

Der Azimuthwinkel von RII = BRa + (360 — BRII), die Größe dieses Winkels bestimmt zunächst die Lage der Coordinaten gegen die Abcissenaxe.

$$\angle IIR2 = 360 - \text{Azimuthwinkel von RII}$$
$$II2 = IIR \sin IIR2$$
$$R2 = IIR \cos IIR2.$$

§. 98. Es kann der Fall eintreten, daß ein Terrainabschnitt in dem aufzunehmenden Terrain eine solche Beschaffenheit hat, daß man auf demselben keinen Punkt als Netzpunkt so auswählen kann, daß von ihm aus ein andrer bereits bestimmter Netzpunkt gesehen wird, der eine Aufstellung mit dem Theodoliten gestattet. Aber es kann auf diesem Terrain ein zu bestimmender Netzpunkt doch eine solche Lage erhalten, daß von ihm aus drei ganz besonders hervorragende Terrain-Gegenstände gesehen werden, auf denen aber eine Aufstellung mit dem Theodoliten nicht möglich ist. In Fig. 77. wird z. B. die Voraussetzung gemacht, daß man von dem Punkt IV aus, nur die drei Thurmspitzen I, R, M sehen kann. Die Bestimmung des Netzpunktes IV erfolgt dann nach der sogenannten Potenot'schen Methode, dieselbe hat auch die Bezeichnung „Problem der drei Punkte", und ist ein Rückwärtseinschneiden auf trigonometrischem Wege.

In IV werden die Winkel SIVR und MIVR gemessen.

Von den verschiedenen aufgestellten Formeln des Problems der drei Punkte erscheint Folgende als die Praktischste.

$$\operatorname{tg} \frac{(RMIV - RJIV)}{2} = \operatorname{tg} \frac{(RMIV + RJIV)}{2} \operatorname{cotg} (45 + \varphi)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{RM \sin JIVR}{JR \sin RIVM.}$$

Für letztere Formel ist RM und JR bereits bei Bestimmung der Netzpunkte J und M berechnet worden.

Nachdem φ bestimmt worden, wird es in erstere Formel eingesetzt, in welcher

$$RMIV + RJIV = 360 - [JIVR + RIVM + (\text{Azimuth von } JR - \text{Azimuth von } MR)]$$

ist.

Es ist durch obige Formel

$$\angle RMIV \text{ und } \angle RJIV$$

bestimmt.

Im Dreieck RMIV ist

$$IVR = \frac{MR \sin RMIV}{\sin MIVR}$$

Der Azimuthwinkel von IVR = dem Azimuthwinkel von MR + MRIV. ∠ IVR4 = 180° — Azimuthwinkel von IVR.

Im Coordinaten-Dreieck IVR4 ist

$$IV4 = IVR \sin IVR4$$

$$R4 = IVR \cos IVR4.$$

§. 99. Die Ausführung der trigonometrischen Berechnung ist nach Beilage B einzurichten, wobei bemerkt wird, daß die logarithmische Berechnung ganz vollständig eingetragen werden muß. Die berechneten Netzpunkte werden nach ihren Coordinaten in einer besonderen Zeichnung in einem Maßstabe, der 5 bis 6mal kleiner ist, als 1 : 2880, also in 1 : 14440 oder 1 : 17480 aufgetragen. Es muß hierauf aus der Zeichnung ermittelt werden, wie groß die Entfernung der zwei äußersten Netzpunkte in der Richtung von Osten nach Westen, und von Süden nach Norden beträgt. Diese Entfernung wird z. B. bei einer mittleren Festung, wenn diese ungefähr 600 Ruthen Durchmesser hat, da die Aufnahme von Netzpunkten sich dann noch nach allen Seiten von der Festung aus auf wenigstens 600 Ruthen ausdehnen muß, ungefähr 1800 Ruthen betragen. Wenn jede Sektion der Größe einer Meßtischplatte entsprechend, eine Ausdehnung von 18 ddec″ Seite gegeben wird, so wird dieselbe bei dem Maßstabe von 1 : 2880 einen Terraintheil von 18 . 20 = 360 Ruthen Seite im Quadrat aufnehmen können. Da die Ausdehnung des aufzunehmenden Terrains ungefähr 1800 Ruthen Seite im Quadrat enthält, so werden $\frac{1800}{360}$ = 5 Reihen von 5 Sektionen, also zusammen 25 Sektionen nothwendig werden.

§. 100. Durch die in der Zeichnung aufgetragenen Netzpunkte ist die Lage der wichtigsten Terrainpunkte bereits gegeben, und die den Coordinaten parallel liegenden Theilungslinien der Sektionen, sind in der Zeichnung so zu ziehen, daß sie nicht wichtigere und größere Fortifikationswerke durchschneiden, daß also demnach z. B. ein Fort nicht auf mehrere anstoßende Sektionen zu liegen kommt, was sich oft durch eine kleine Verschiebung der Sektions-Theilung vermeiden läßt. Gleichzeitig muß diese Sektions-Theilung auch so liegen, daß der Anfangspunkt und die Abcissenaxe der Coordinaten entweder auf einem

Schnittpunkt der Theilungslinie fällt, oder doch von diesen in Dekaden von Ruthen sich entfernt befindet. Die einzelnen Sektionen werden der Reihe nach nummerirt.

§. 101. Die Anzahl der trigonometrischen Netzpunkte muß von der Art sein, daß wenigstens vier Netzpunkte auf eine Sektion fallen, von denen drei eine Aufstellung mit dem Meßtisch gestatten. Die trigonometrische Netzlegung erhält aber in der Regel weit mehr Punkte. Während der topographischen Arbeit stellt sich oft erst die Nothwendigkeit noch neuer Netzpunkte insbesondere heraus, so daß die trigonometrische Netzlegung nicht vor dem Beginn der topographischen Arbeit als beendet anzusehen ist.

§. 102. Um **die Auftragung der Netzpunkte** auf die einzelnen Sektionen für die Meßtischblätter zu erleichtern, werden auf jeder Sektion Quadrate von 40° oder 2 ddec″ Seite in schwarzen Linien gezogen. Der Anfangspunkt der Abcissenaxe muß in einem Schnittpunkt der Theilungslinien dieser Quadrate zu liegen kommen, und demnach ist, wie schon oben erwähnt, hier insbesondere bei der Verschiebung der Sektions-Eintheilung Rücksicht zu nehmen. Das Aufzeichnen dieser Quadrate muß mit der größten Sorgfalt geschehen, so daß nicht allein jede Seite des Quadrats genau 40° lang ist, sondern diese auch auf das genaueste rechtwinklig auf einander stehen. Um dies zu bewerkstelligen, bedient man sich eines besonders dazu eingerichteten stählernen Lineals und Dreiecks. Wenn dann z. B. bei 25 Sektionen, der Anfangspunkt auf der nordwestlichen Ecke der Sektion Nr. 19 liegt, und man soll einen Netzpunkt auftragen, der die Abcisse 45° nach Süden und die Ordinate 405° nach Westen hat, so wird derselbe auf der Sektion Nr. 17 zu liegen kommen, und auf dieser auf dem 17. Quadrat, in Reihen von links nach rechts gezählt, und in diesem Quadrat wird dann von der rechten und oberen Seite 5° abzumessen sein.

Sechstes Kapitel.

Die topographische Aufnahme.

§. 103. Wie die topographische Aufnahme insbesondere bei jeder verschiedenen Beschaffenheit des Terrains vorzunehmen ist, wie namentlich nach Kenntniß der Elementar-Operationen mit dem Meßtisch die Aufnahme am kürzesten und genauesten bewirkt werden, dies soll dem praktischen Unterricht überlassen bleiben. Für den vorliegenden Zweck wird es aber nöthig sein, einige Grundregeln für die Aufnahme des Terrains für fortifikatorische Zwecke im Maßstabe von 1 : 2880 festzustellen.

§. 104. In Bezug auf die Ausdehnung der Aufnahme in die Einzelnheiten des Terrains gilt als Regel, daß alle diejenigen Gegenstände von allgemeinem militairischen und insbesondere von fortifikatorischem Interesse aufgenommen werden, welche eine solche Ausdehnung in Länge und Breite haben, daß sie in dem Maßstabe von 1 : 2880 noch einen Ausdruck finden.

§. 105. Von den Elementar-Operationen mit dem Meßtisch ist vorzugsweise nur die des Vorwärtsabschneidens statthaft, indem alle übrigen Operationen, und namentlich das sonst für die topographische Aufnahme von 1 : 25000 wegen der nur nothwendigen einmaligen Stationirung vortheilhafte Rückwärtsabschneiden nach drei Punkten nicht die nöthige Genauigkeit gewährt. Für die Aufnahme aller wichtigeren Punkte muß für das Vorwärtsabschneiden von Netzpunkten ausgegangen werden, oder doch wenigstens von Punkten, die von Netzpunkten durch Vorwärtsabschneiden bestimmt worden sind. Nur bei allen weniger einflußreichen Punkten, als z. B. kleineren Biegungen an Wegen, Uferrändern, Wiesenbegrenzungen ist es gestattet, wenn es im Laufe der Aufnahme als bequem und zeitgewinnend erscheint, andere Operationen, als Seitwärtsabschneiden, Rückwärtseinschneiden, und selbst bloßes Anvisiren vorzunehmen, wenn im letzteren Falle die Entfernung des Punktes vom Stationspunkt nicht über 10° beträgt. Die Entnahme von Maßen, um alle kleineren Terrainabschnitte, z. B. einzelne Gehöfte an Punkte, welche durch Meßtisch-Operationen bestimmt worden sind, anschließen zu können, erfolgt nicht durch Ab-

schreiten, sondern durch Meßstäbe, ganzen Ruthen oder Meßband in so großer Zahl, daß nach denselben die Aufzeichnung auf der Meßtischplatte möglichst genau erfolgen kann.

§. 106. In dem Falle, wo ein Terrainabschnitt in dem Grade bedeckt ist, daß Operationen mit dem Meßtisch nicht vorgenommen werden können, oder doch wesentlich beschränkt sind, wird die Aufnahme dieses Theils, mit der Boussole erfolgen müssen. Es ist hierbei aufmerksam zu machen, daß die Boussolen-Aufnahme in der Regel von einem Netzpunkte beginne, und sich an diesen oder einen geeigneten andern wieder anschließen muß. Bei der Auftragung der Boussolen-Aufnahme auf die Meßtischplatte ist auf die magnetische Abweichung Rücksicht zu nehmen, welche am Ort und zur Zeit der Aufnahme besteht. Es ist zwar bei Bestimmung des Azimuthwinkels der Standlinie, wenn sie durch die Boussole stattfand, die magnetische Abweichung ermittelt worden. Wenn aber, wie dies häufig der Fall ist, die Aufnahme einer Festung und des umliegenden Terrains sich auf mehrere Jahre ausdehnt, und man will die orientirte Boussolen-Aufnahme nach dieser ermittelten magnetischen Abweichung aufzeichnen, so muß beachtet werden, daß die westliche magnetische Abweichung jährlich um etwa 3, 8 Minuten abnimmt, was nach einem Zeitraum von 5 Jahren sich schon in der Zeichnung geltend machen würde. — Die Aufnahme der Stadttheile in der Festung wird ebenfalls mit der Boussole erfolgen müssen. Der Anschluß geschieht dann an mehrere innerhalb der Stadttheile ermittelte Netzpunkte. Alle militairischen und größeren Privat-Gebäude, von denen im Fall des Krieges eine besondere militairische Benutzung stattfinden kann, werden insbesondere nach ihrer Länge und Breite aufgenommen, nebst den Hofräumen, welche sie gewähren. Im Uebrigen genügt es, nur die Stadtviertel zu bestimmen.

§. 107. Um die Aufnahme nach den Rändern der Sektion, die gewöhnlich immer mehr Schwierigkeiten bietet, genau vorzunehmen, wird es nothwendig, die Aufnahme der anstoßenden Sektionen abzuwarten, um die Uebereinstimmung der Aufnahme der aneinander stoßenden Terraintheile zu prüfen, ehe die vollständige Auszeichnung erfolgt.

§. 108. Die aufgenommenen Sektionen verbleiben auf den Meßtischplatten, und werden sorgfältig aufbewahrt. Da diejenigen Netzpunkte, welche auf dem Terrain für die Dauer eine Bezeichnung er-

halten haben, auch auf der Sektion mit dem Buchstaben oder der Nummer bezeichnet worden sind, welche sie im Register der trigonometrischen Netzlegung erhalten haben, so hat dieses Verbleiben den großen Vortheil, daß die Meßtischplatte für den Fall eine Veränderung der Situations-Gegenstände, einzelner Festungswerke und Fronten im Laufe der Zeit vorgekommen sein sollte, oder neue Anlagen auf der Original-Aufnahme projektirt worden, diese Veränderungen leicht wieder aufgenommen und neue Anlagen mittelst des Meßtisches abgesteckt werden können. Die Original-Aufnahme wird, um einen Uebersichtsplan zu erhalten, im Maßstabe von 1 : 5760 mittelst des Pantographen copirt, und die einzelnen Sektionen zu einem Plan verbunden.

Siebentes Kapitel.

Aufnahme der Terrainerhebungen.

A. Flüchtige Aufnahme der Terrainerhebungen.

§. 109. Bei Terrain-Aufnahmen, die ohne Instrumente erfolgen oder bei Aufnahmen, wo man aus Plänen in kleinerem Maße die Lage und Richtung der hauptsächlichsten Situations-Gegenstände, als der Straßen, Flüsse rc. in einem größeren Maßstabe übertragen hat, und wo man mittelst der Instrumente für flüchtige Aufnahmen, vorzugsweise der Spiegel-Instrumente, Details eintragen will, wird die Aufnahme der Terrainerhebungen in der Art zu bewerkstelligen sein, daß Kuppen, Schluchtlinien, Rückenlinien, wie Situationslinien aufgenommen werden. Die weitere Form der Abfälle wird dadurch eingezeichnet, daß das Augenmaß sich Horizontalen an den Terrainerhebungen gelegt denkt, und daß man dann diese in ihrer Lage nach dem Augenmaße in der Zeichnung wiedergiebt, wobei dasselbe, je nachdem die Horizontalen gegen die Schluchtlinien, Rückenlinien und andere die Terrainerhebungen durchziehenden Situationslinien, als Wege, Grundstücks-Begrenzungen zu liegen kommen, unterstützt wird.

§. 110. Wenn die Aufnahme eines Terrainabschnittes mit dem Meßtische erfolgt, so kann mit Hülfe desselben eine genauere Aufnahme

der Terrainerhebungen dadurch erfolgen, daß, nachdem ebenfalls die Kuppen, Schluchtlinien, Rückenlinien mit dem Meßtisch bestimmt, und derselbe an den Abfällen einer Terrainerhebung stationirt worden, ein Diopterlineal so auf die Meßtischplatte aufliegt, daß die Diopter horizontal liegen. Es wird dann durch diese Diopter nach einer Nivellirlatte, welche an einem Punkte der Abfälle aufgestellt worden ist, visirt und die Tafel derselben nach dieser Visirebene eingestellt. Die Nivellirlatte wird hierauf mit so festgestellter Tafel an einer anderen Stelle der Abfälle aufgestellt, und die Tafel durch Tiefer- oder Höheraufstellen der Nivellirlatte an den Abfällen nach der durch die Diopter bestimmten horizontalen Visirebene eingerichtet. Alle so durch mehrere Aufstellungen der Nivellirlatte bestimmten und in einer Horizontale liegenden und bezeichneten Punkte werden in ihrer Lage anvisirt und durch Messung ihrer Entfernung aufgetragen; oder durch ihre Lage, die sie gegen andere bereits aufgenommene Situationslinien haben, auf der Meßtischplatte bestimmt. Wenn eine so bestimmte Horizontale weiter, als man von dem Stationspunkte des Meßtisches aus visiren konnte, fortgeführt werden soll, so stationirt man den Meßtisch an einem anderen zu dem Zweck geeigneten Punkte, stellt die Nivellirlatte auf einem vom vorigen Stationspunkte bestimmten Punkt der Horizontale auf, und richtet die Tafel der Nivellirlatte durch Auf- und Niederschieben an derselben wiederum nach den horizontal liegenden Dioptern ein, und verfährt in der Bestimmung neuer Punkte der Horizontale wie vorhin, bis die Aufnahme ein und derselben Horizontale beendet ist. Es wird hierauf in derselben Weise eine neue höher oder tiefer liegende Horizontale bestimmt und aufgenommen. Der Vertikal-Abstand dieser Horizontalen kann entweder ein bestimmter sein, oder es werden nur an den Theilen der Abfälle Horizontalen gelegt, wo sie die Form derselben am Besten bestimmen. In letzterem Falle wird es nothwendig, wenigstens an einer Stelle zwischen je zwei Horizontalen den Neigungswinkel der Abfälle, entweder mittelst des Lehmann'schen Diopterlineals oder des Schmalkalder Höhenmessers, oder aller der nach demselben Prinzip wie dieser, eingerichteten Vertikalwinkel-Instrumente, zu messen.

B. Aufnahme der Terrainerhebungen mittelst der entfernungsmessenden Kippregel.

§. 111. Der Preußische Generalstab benutzt zur Aufnahme der Terrainerhebungen bei den topographischen Arbeiten, im Maßstabe von 1 : 25,000, die entfernungsmessende Kippregel in Verbindung mit den zu dem Zwecke eingerichteten Kotentafeln. Das Verfahren soll in Folgendem in den Grundzügen auseinander gesetzt werden.

Man sucht einen geeigneten Punkt zum Rückwärtseinschneiden mit

dem Meßtisch aus, der für die Aufnahme der Terrainerhebungen günstig, z. B. auf halber Höhe eines Bergabhanges, einer Bergnase, liegen muß. Es wird zunächst die Höhe des Stationspunktes, Bodenhöhe genannt, ermittelt nach einem andern Punkte, dessen Lage auf der Meßtischplatte gegeben ist, und dessen absolute Höhe anderweitig berechnet worden ist. Diese so bekannten Höhenpunkte werden Standartpunkte genannt. Die Ermittelung der Bodenhöhe erfolgt nach §. 67. Von dem Stationspunkte, dessen Bodenhöhe bestimmt worden, werden neue Standartpunkte bestimmt, deren Situation auf der Meßtischplatte gegeben, so daß also die Entfernung mit dem Zirkel entnommen werden kann; es werden als Standartpunkte benutzt z. B. Thurmknöpfe, Dachgiebel, Schornsteinränder, Baumspitzen. Diese neuen Standartpunkte haben den Zweck, zur Bestimmung der Bodenhöhen neuer Stationspunkte zu dienen. Die Bestimmung der Höhe der Standartpunkte erfolgt nach §. 67. Diese neuen Standartpunkte werden aber nur dann als zuverlässig anerkannt, wenn ihre Höhe von wenigstens 3 zuverlässigen Stationspunkten aus berechnet worden.

§. 112. Von dem Stationspunkte aus wird demnächst die Distanzlatte an mehreren Punkten der Abfälle der Terrainerhebung aufgestellt und nach der abgelesenen Entfernung auf der Distanzlatte und dem beobachteten Vertikalwinkel die Höhe jeder Lattenstellung, mit Hülfe der Kotentafeln, nach §. 66. berechnet. Nach der jedesmaligen Aufstellung der Distanzlatte wird eine Visirlinie gezogen und die Entfernung der Lattenstellung nach der abgelesenen Entfernung, welche auf die Horizontal-Ebene nach §. 65. projicirt worden, mit dem Zirkel aufgetragen.

Dadurch ist die Höhe und Lage mehrerer Punkte auf dem Terrain, Koten genannt, ermittelt worden. Um nun die Höhe und Lage neuer Lattenstellungen zu bestimmen, wird entweder ein neuer Stationspunkt durch Rückwärtseinschneiden und Berechnung der Bodenhöhe nach Standartpunkten ermittelt und von ihm neue Lattenstellungen aufgenommen, oder man stationirt sich mit dem Meßtisch auf eine der vorher bestimmten geeigneten Lattenstellungen, welche zu dem Zweck auf dem Terrain bezeichnet worden sind, und orientirt den Meßtisch nach einem Netzpunkt, und von diesem Stationspunkte, dessen Bodenhöhe bereits bekannt ist, sucht man neue Lattenstellungen auf. Oder wenn eine Lattenstellung nach Lage und Höhe vorzugsweise vorher mit Sorgfalt bestimmt worden, so sucht man nach diesem Punkt einen neuen Stationspunkt auf, orientirt darauf den Meßtisch mit der Orientirboussole, zieht eine Visirlinie von dem Punkt der Lattenstellung auf der Meßtischplatte nach dem entsprechenden auf dem Terrain, projicirt die an der Kippregel abgelesene Entfernung auf den Horizont, und trägt solche auf die Visirlinie auf. Der so gewonnene Stationspunkt muß aber noch nach einem Netzpunkte controlirt werden. Nachdem die

Bodenhöhe nach der Kote der Lattenstellung berechnet worden, so können wiederum neue Lattenstellungen nach Lage und Höhe bestimmt werden.

§. 113. Durch diese Operationen werden eine Menge Kotenpunkte in einer Höhendifferenz von ungefähr 25 dec′ gewonnen, die ein Nivellementsnetz abgeben, und nach denen unter Berücksichtigung der näheren Form der Abfälle, und ob die Koten dem einen oder dem anderen Abfalle einer Terrainerhebung angehören, Horizontalen in einem Vertikal-Abstande von 25 dec′ eingezeichnet werden können, welches Verfahren „Abkommen" genannt wird.

C. Aufnahme der Terrainerhebungen für Festungs-Aufnahmen im Maßstabe von 1 : 2880.

§. 114. Die Aufnahme der Terrainerhebungen erfolgt hierfür im Allgemeinen durch aequidistante Horizontalen, welche auf dem Terrain durch Nivellir-Instrumente, wozu das Libellen-Nivellir-Instrument das geeignetste ist, abgesteckt und dann durch den Meßtisch aufgenommen werden. Der Absteckung der Horizontalen muß aber die Aufnahme eines Nivellements-Netzes vorausgehen. Zu den Punkten dieses Nivellements-Netzes deren Höhe, so wie aller anderen, nach dem Nullpunkt der Festung mit besonderer Sorgfalt bestimmt wird, werden Punkte genommen, deren Lage entweder als trigonometrische Netzpunkte oder durch den Meßtisch aufgenommen worden ist, und die eine Beschaffenheit haben, daß sie auch nach Höhe und Lage unveränderlich sind. In den Festungswerken dienen dazu vorzugsweise die Höhe der Kordons an den aus- und einspringenden Winkeln, Fachbäume der Schleusen ꝛc., auf dem umliegenden Terrain werden sich als Nivellements-Netzpunkte am Besten eignen, die obere Fläche an Rayon-, Jagd- und Fortifikations-Grenzsteinen.

§. 115. Das Abstecken der Horizontalen geschieht in folgender Art. Das Libellen-Nivellir-Instrument wird auf dem Terrain so stationirt, daß nach einem Nivellements-Netzpunkt, auf dem die Nivellirlatte aufgestellt wird, visirt werden kann. Hat z. B. der Nivellements-Netzpunkt die Höhe von + 62′, und die auf demselben nach dem Nivellir-Instrument eingestellte Tafel der Nivellirlatte gebe das Maß 4′6″ an, so wird, da die Horizontalen bei nicht bedeutenden Terrainerhebungen in einem Vertikal-Abstande von 5 zu 5 Fuß, sonst aber von 10 zu 10 Fuß abgesteckt werden, wenn die Horizontale + 60′ bestimmt werden soll, die Tafel der Nivellirlatte auf 6′6″ gestellt werden, und wenn hierauf an dem Abfalle ein und derselben Terrainerhebung die Nivellirlatte aufgestellt wird und die festgestellte Tafel derselben durch Höher- oder Tiefer-Aufstellen an den Abhang nach der horizontalen Visirebene des Nivellir-Instruments eingerichtet wird, so

wird der durch die Nivellirlatte angegebene Punkt die Höhe von + 60′ haben. Gleichzeitig kann auch auf dieselbe Weise durch eine zweite Nivellirlatte, deren Tafel auf 1′6″ gestellt wird, ein Punkt abgesteckt werden, welcher + 65′ liegt. Die Entfernung, in welcher Punkte einer Horizontale ermittelt und durch kleine Pfälchen bezeichnet werden, richtet sich nach der Verschiedenheit der Form der Abfälle, ob dieselben gradlinig sind, oder ob dieselben mehrfache Ausbauchungen und Einbiegungen haben; in der Regel darf sie aber nicht größer als 20° betragen. Die so bestimmten Horizontalen werden, so weit sie von einer Station des Libellen-Nivellir-Instruments haben bestimmt werden können, mit dem Meßtisch von geeigneten und zuverlässigen Stationspunkten desselben gewöhnlich durch Vorwärtsabschneiden aufgenommen. Um diese so bestimmten Horizontalen weiter fortzuführen, bis sie sich schließen, oder so weit sie überhaupt auf dem aufgenommenen Terrain zu liegen kommen, wird das Nivellir-Instrument von neuem geeignet stationirt, und mit der Nivellirlatte wie vorhin wieder auf demselben oder einem anderen Nivellements-Netzpunkt aufgestellt. Hätte der gewählte Netzpunkt die Kote + 48′7″, so müssen mehrere Stationirungen mit dem Nivellir-Instrument vorgenommen werden, um der Tafel der Nivellirlatte schließlich die Stellung zu geben, damit die Horizontale + 60′ oder + 65′ bestimmt werden kann.

§. 116. Wo die Terrainerhebungen so unbedeutend, und Horizontalen mit Sicherheit nicht mehr aufzufinden sind, wird es für den Zweck der Aufnahme nöthig, die Höhe einzelner Punkte durch Nivellement zu bestimmen. Es wird solche Kotirung vorzugsweise für die Festungswerke vorgenommen, und man bestimmt dabei, außer den schon erwähnten Punkten der Kordonlinie, namentlich die Höhe der Feuerlinie und der Grabensohle an bestimmten Punkten. Es werden aber nicht blos von Punkten, deren Lage aus der Aufnahme hervorgeht, Koten bestimmt, und durch Höhenzahlen bezeichnet, sondern auch von anderen Punkten, die von fortifikatorischem Interesse sind. Alle Koten werden nach Beschreibung der Lage der Punkte außerdem in ein besonderes Nivellements-Register eingetragen.

Beilage A.
Hierzu Taf. VI. Fig. 77.

Winkel-Meß-Register

ausgeführt mit einem 8zölligen Theodoliten und 2 Nonien.

Winkel.			Erster Stand der Nonien.				Letzter Stand der Nonien.			Passirte 360 Grad	Anzahl der Repetitionen	Giebt einen vielfachen Winkel.			Giebt einen einfachen Winkel.		
Linkes Richt-Objekt	Standpunkt	Rechtes Richt-Objekt	Nonius	Gr.	M.	S.	Gr.	M.	S.	mal		Gr.	M.	S.	Gr.	M.	S.
B	A	R	A	0	0	0	142	50	—	—							
			B	180	0	0	322	50	30	—							
			Sa.	180	0	0	465	40	30	—	2	285	40	30	71	25	7
R	A	II.	A	142	50	—	262	50	—	—							
			B	322	50	30	82	51	—	1							
			Sa.	465	40	30	345	41	—	1	2	240	1	30	60	—	22
I.	B	R	A	0	0	0	160	10	—	—							
			B	180	0	0	340	9	30	—							
			Sa.	180	—	—	500	19	30	—	2	320	19	30	80	4	52
R	B	II.	A	160	10	—	212	10	—	—							
			B	340	9	30	32	10	—	1							
			Sa.	500	19	30	244	20	—	1	2	104	—	30	26	—	7
R	B	A	A	212	10	—	352	10	—	—							
			B	32	10	—	172	9	—	—							
			Sa.	244	20	—	524	19	—	—	2	279	59	—	69	59	45
R	IV.	M	A	0	0	0	100	—	—	—							
			B	180	0	0	280	—	—	—							
			Sa.	180	—	—	380	—	—	—	2	200	—	—	50	—	—
J	IV.	R	A	100	—	—	158	35	30	—							
			B	280	—	—	338	35	—	—							
			Sa.	380	—	—	497	10	30	—	2	117	10	30	29	17	37
R	I.	B	A	0	0	0	160	—	—	—							
			B	180	0	0	340	—	—	—							
			Sa.	180	—	—	500	—	—	—	2	320	—	—	80	—	—

Trigonometrische

Die Abcissenaxe geht durch die Rathhausthurmspitze R; und ist dieser Punkt auch Anfangspunkt.
Zählung der Grade von rechts
Bei Azimuthwinkeln von 0° bis 180° ist die Ordinate nach Westen.
" " " 180° bis 360° " nach Osten.
Azimuthwinkel der

Netzpunkt.	Dreieck.	Davon ist gegeben: Seite	Rth.	F.	Z.	Winkel.	Gr.	M	S.	gesucht: Seite	Winkel.	Azimuth-Winkel.	Gr.	M.	S.
A. Südlicher Endpunkt der Standlinie.	ABR	AB	—	—	—	BAR RBA ARB	71 69 38	25 59 35	7 45 8	AR		Azimuth von AR =α-(180-BAR)= ARa =	 45 45		
	ARa	AR	—	—	—	ARa				Aa Ra					
B. Nördlicher Endpunkt der Standlinie.	ABR	AB	—	—	—	BAR RBA ARB	71 69 38	25 59 35	7 45 8	BR		Azimuth von BR = Azimuth von AR + BRA = BRb=	 83 83	 35 35	 8 8
	BRb	BR	—	—	—	BRb	83	35	8	Bb Rb					
I. Ausspringender Winkel von Bastion I.	IRB	BR	—	—	—	RIB IBR IRB	80 80 19	— 4 55	— 52 8	IR		Azimuth von IR = Azimuth von BR + IRB = IR 1 =	 163 16	 40 20	 — —
	IR 1	IR	—	—	—	IR 1	16	20	—	I 1 R 1					
II. Ausspringender Winkel von Fort II.	AB II	AB	—	—	—	II BA =RBA -RB II BAII= BAR+ RA II B IIR=	43 131 4	59 25 35	38 29 3	II B					
	BR II	II B BR	— —	— —	— —	RB II	26	—	7	II R	II RB	Azimuth von II R = Azimuth von BR +(360°—II RB)= II R 2 =	 320 40	 — —	 — —
	II R 2	II R	—	—	—	II R 2	40	—	—	II 2 R 2					
IV. Flaggenstange auf dem Mühlberge	Problem der drei Punkte.	MR JR	— —	— —	— —	JRA= Azim. von JR - Azim. von MR RIVM JIVR	120 50 29	— — 17	— — 37	—	IV MR				
	RMIV	MR	—	—	—	IV MR RIVM MRIV	40 50 90	— — —	— — —	IV R		Azimuth von IV R = Azimuth von MR + MRIV = IV R 4 =	 150 30	 — —	 — —
	IV R 4	IV R	—	—	—	IV R 4	30	—	—	IV 4 R 4					

Netzlegung.

Beilage B.

Die Azimuthwinkel sind in der Anzahl Grade so bestimmt, daß 0° nach Süden, und die nach links erfolgt.

Bei Azimuthwinkeln von 90° bis 270° ist die Abcisse nach Norden.

" " " 270° bis 90° " nach Süden.

Standlinie AB = α.

Ausführung der trigonometrischen Berechnung.	Ordinate.						Abscisse.					
	östlich.			westlich.			südlich.			nördlich.		
	Ruth.	F.	Z.	Ruth.	F.	Z.	Ruth.	F.	Z.	Ruth.	F.	Z.
$AR = \frac{AB \sin RBA}{\sin ARB}$												
$Aa = AR \sin ARa$ $Ra = AR \cos ARa$	—	—	—	165	10	2	250	9	5	—	—	—
$BR = \frac{AB \sin BAR}{\sin ARB}$												
$Bb = BR \sin BRb$ $Rb = BR \cos BRb$	—	—	—	205	—	—	15	3	—	—	—	—
$IR = \frac{BR \sin IBR}{\sin RIB}$												
$I1 = IR \sin IR1$ $R1 = IR \cos IR1$	—	—	—	103	2	6	—	—	—	420	5	6
$IIB = \frac{AB \sin BAII}{\sin AIIB}$												
$IIR = \sqrt{BR^2 + BII^2 - 2\,BR.BII.\cos RBII}$ $\sin IIRB = \frac{IIB \sin RBII}{IIR}$												
$II2 = IIR \sin IIR2$ $R2 = IIR \cos IIR2$	401	2	6	—	—	—	320	—	—	—	—	—
$tg\left(\frac{IVMR - RJIV}{2}\right) = tg\left(\frac{IVMR + RJIV}{2}\right)$ $\operatorname{cotg}(45 + \varphi)$ $tg\,\varphi = \frac{RM \sin JIVR}{JR \sin RIVM}$												
$IVR = \frac{MR \sin RMIV}{\sin MIVR}$												
$IV4 = IVR \sin IVR4$ $R4 = IVR \cos IVR4$	—	—	—	370	1	1	—	—	—	375	2	6

Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin.

Fig. 5.

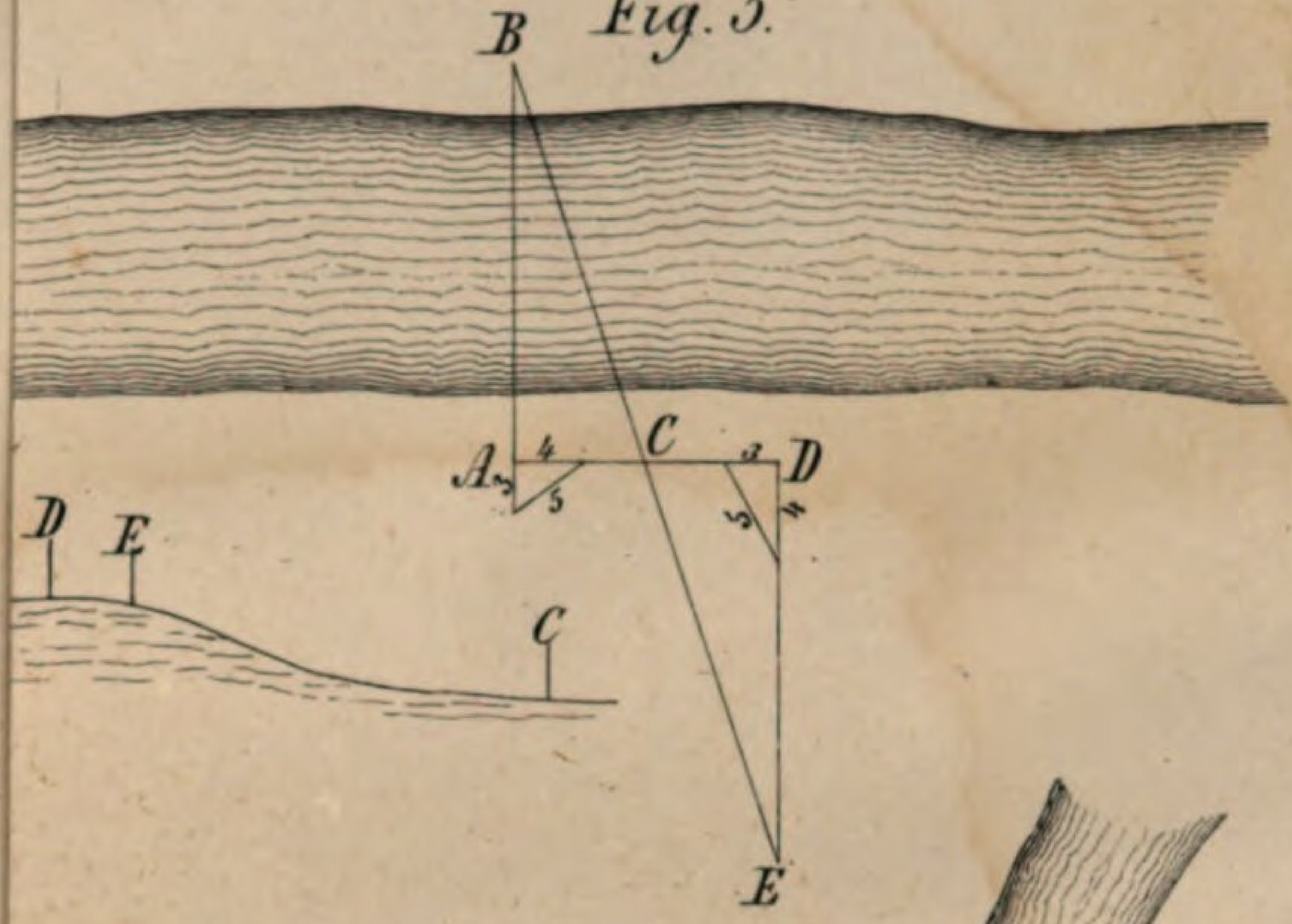


Fig. 6.

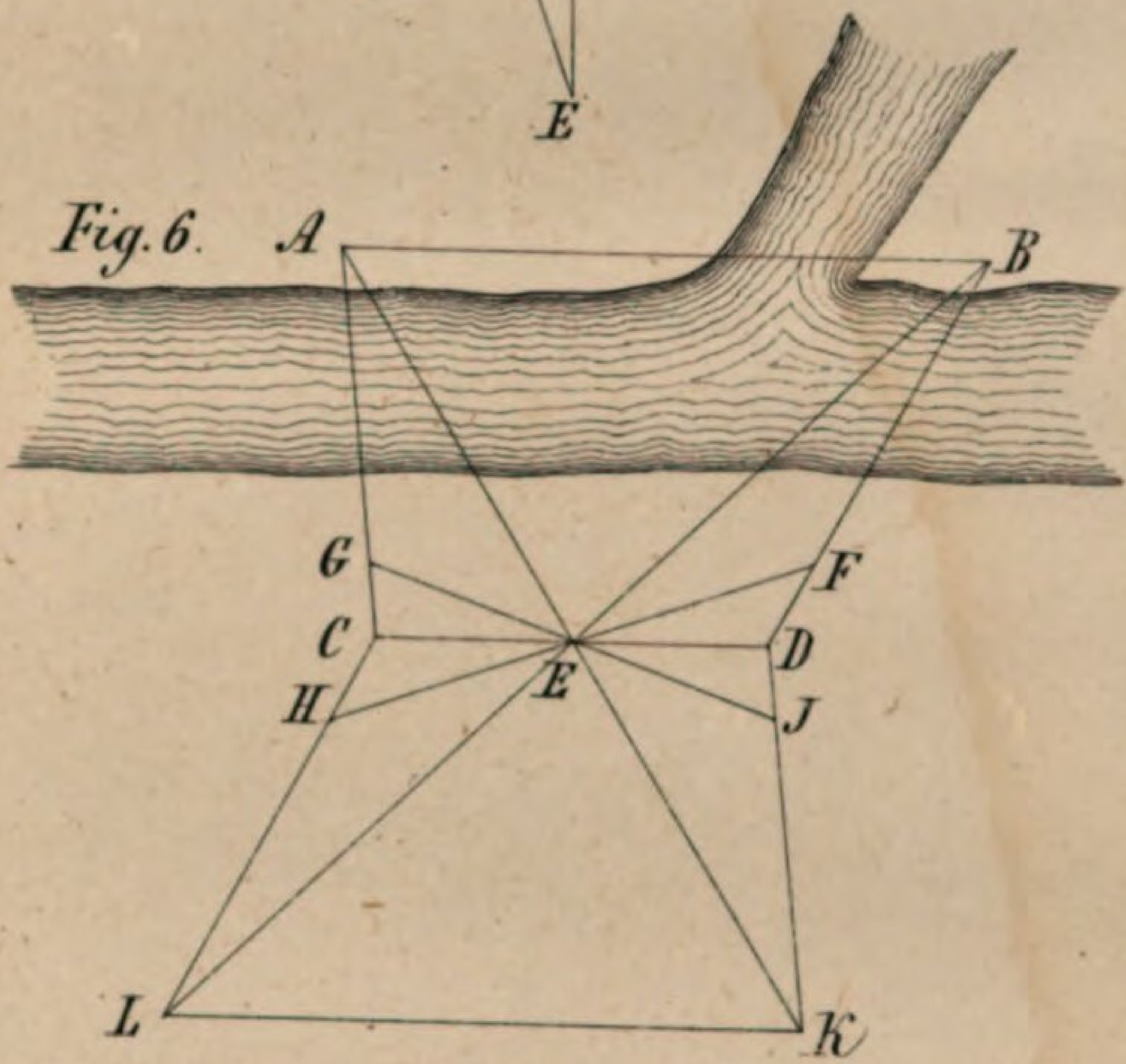


Fig. 11.

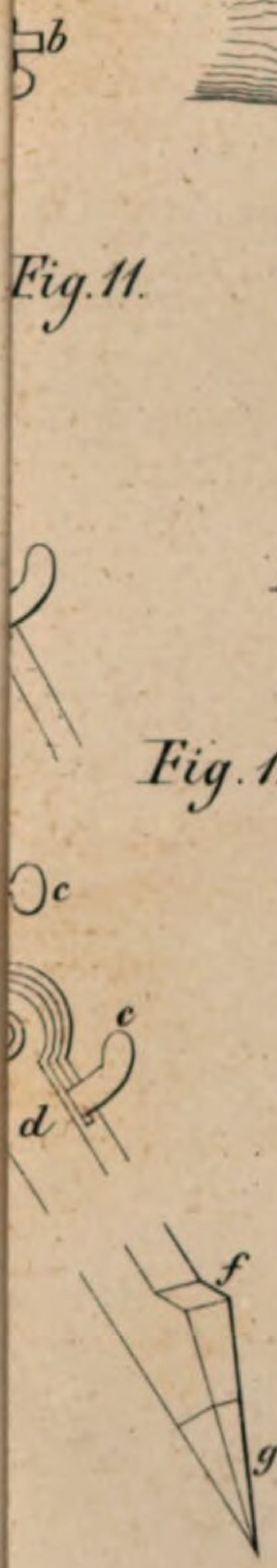


Fig. 12.

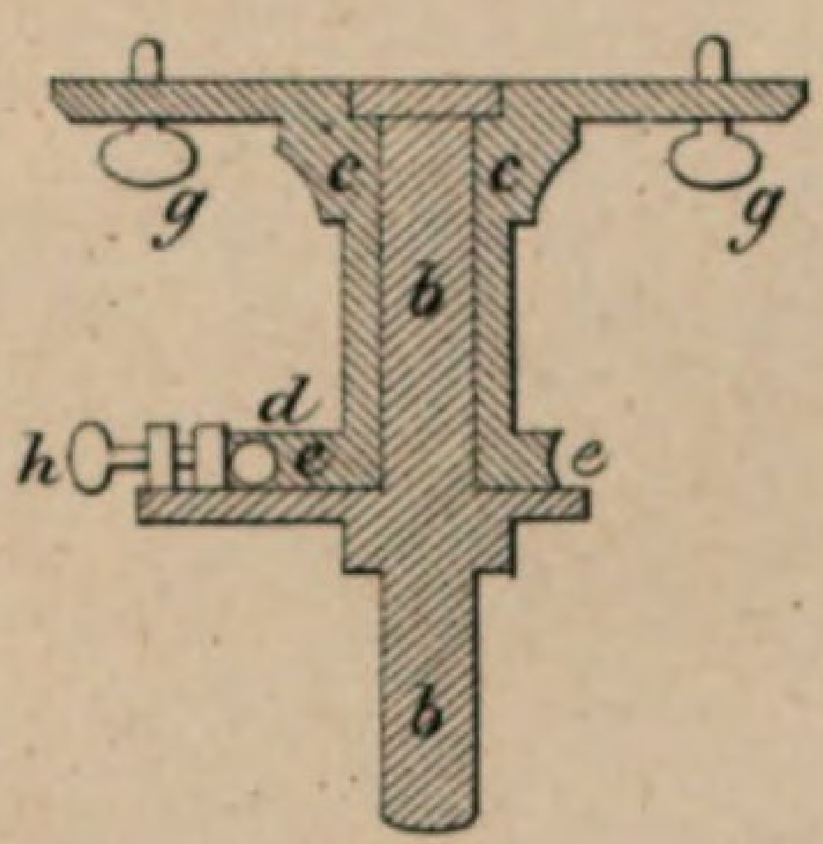
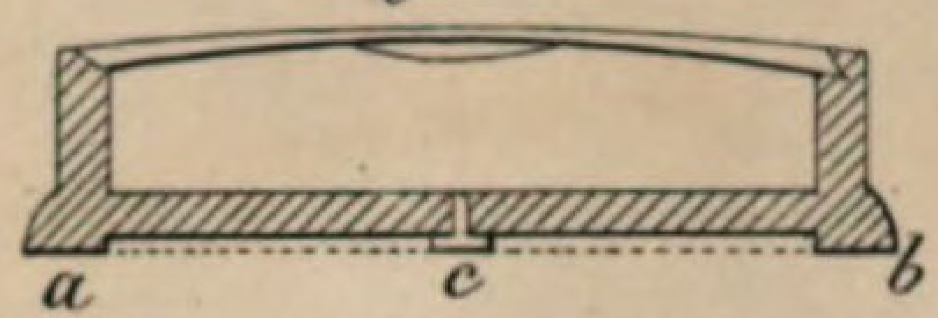


Fig. 27.



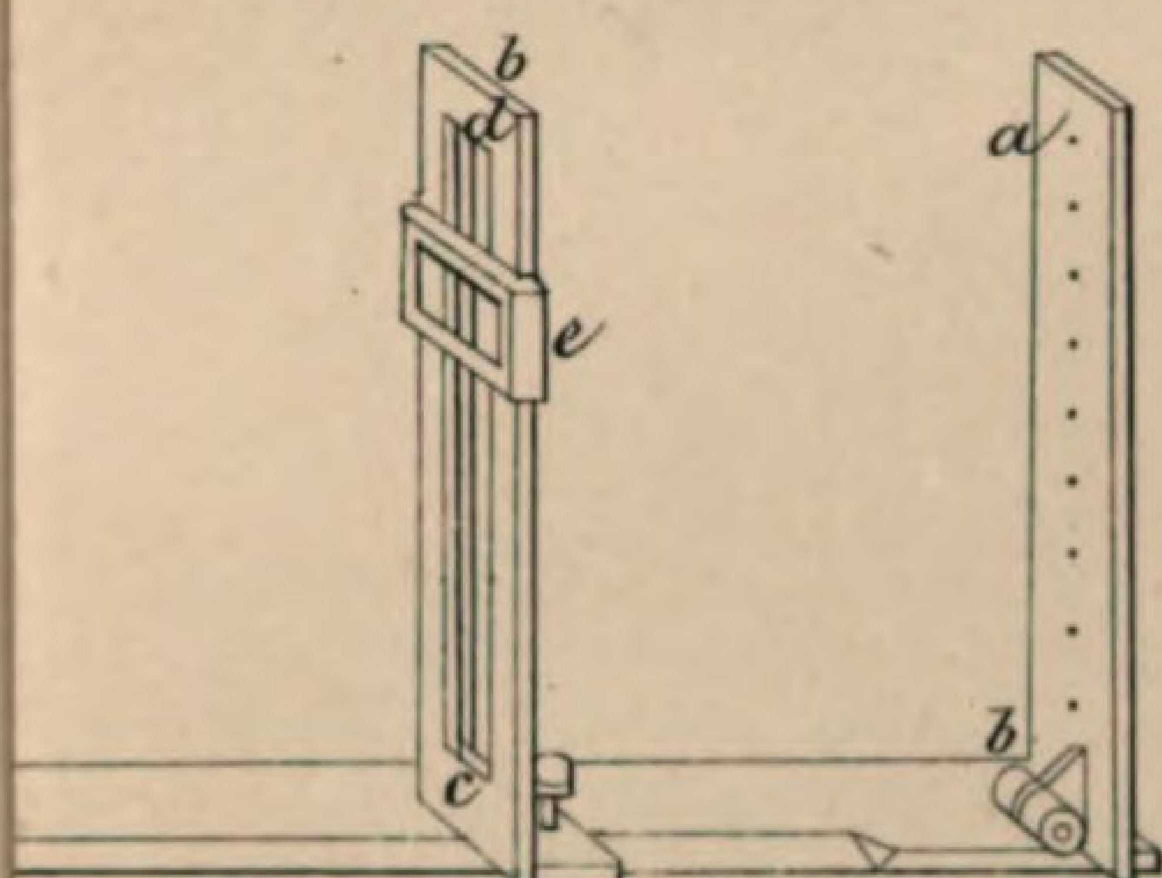
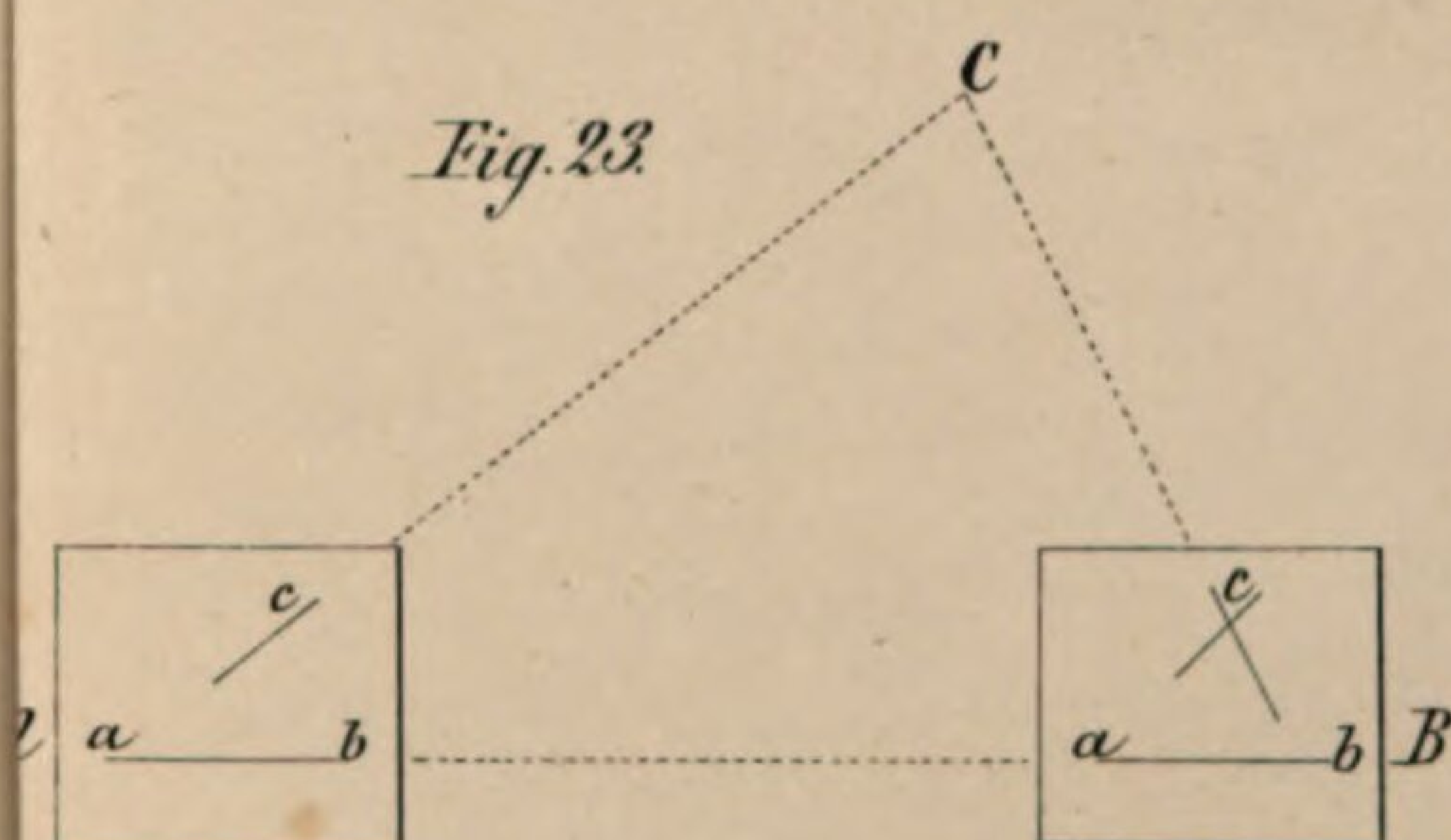
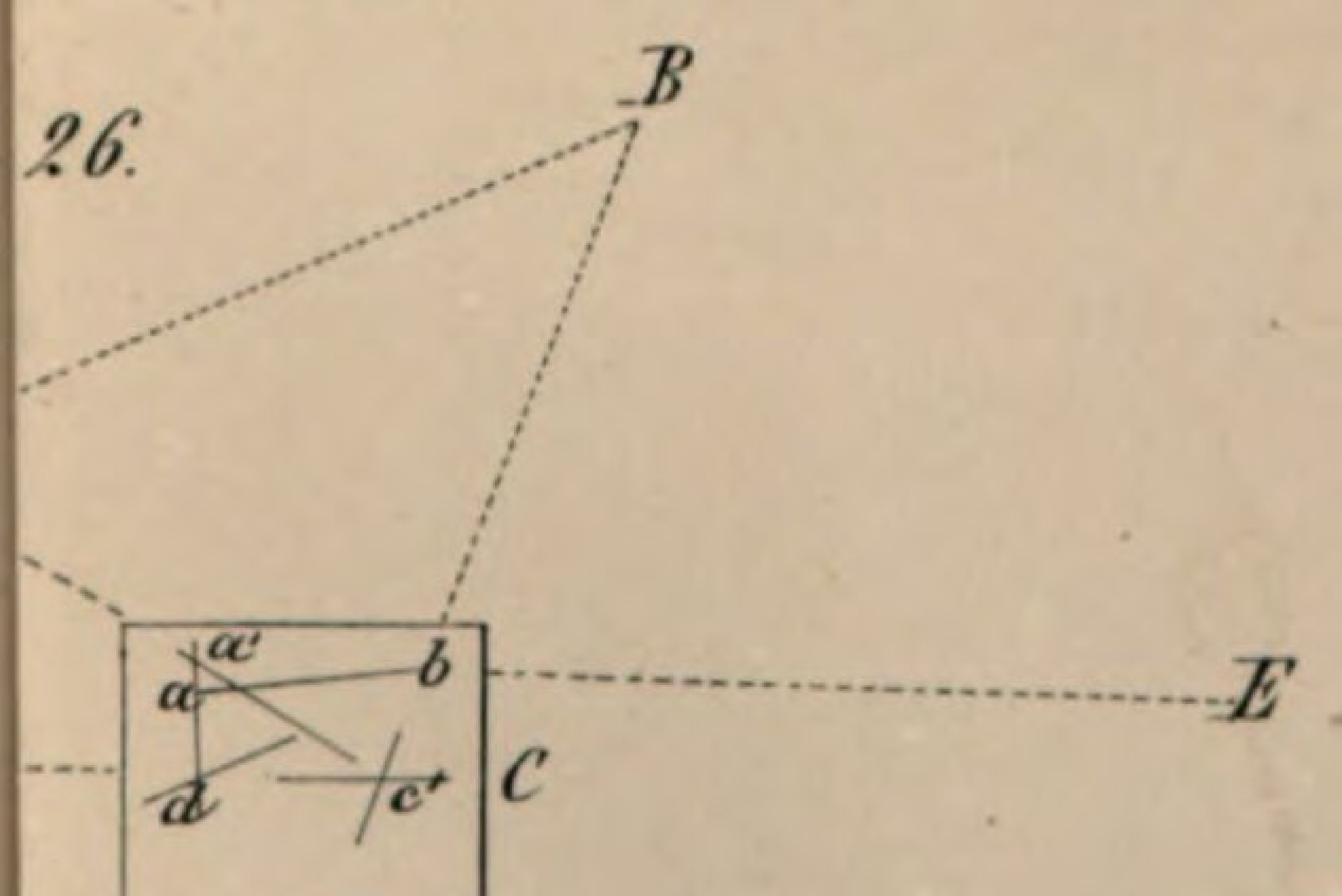



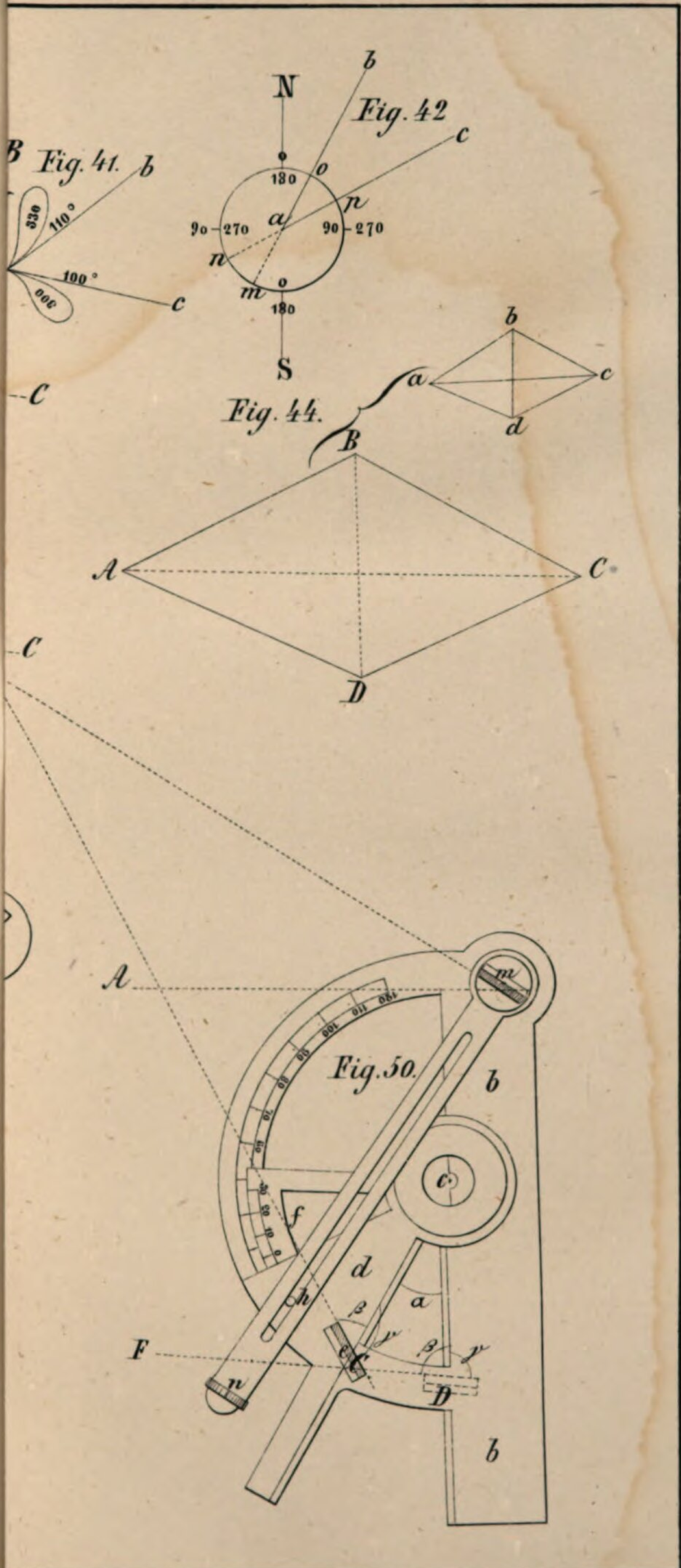
Fig. 23.



26.




Fig. 30.
B
A
C
Fig. 33.
b
c
r
n
p
m
q
y
h
x
e
k
i
z
Fig. 37.
a
b
c
1
2
3
4


Fig. 41.
B
b
c
C
330
110°
100°
300
Fig. 42
N
S
b
c
o
p
a
n
m
180
90 - 270
90 - 270
180
Fig. 44.
a
b
c
d
A
B
C
D
C
Fig. 50.
A
F
m
n
b
b
c
f
d
h
α
β
γ
e
C
D

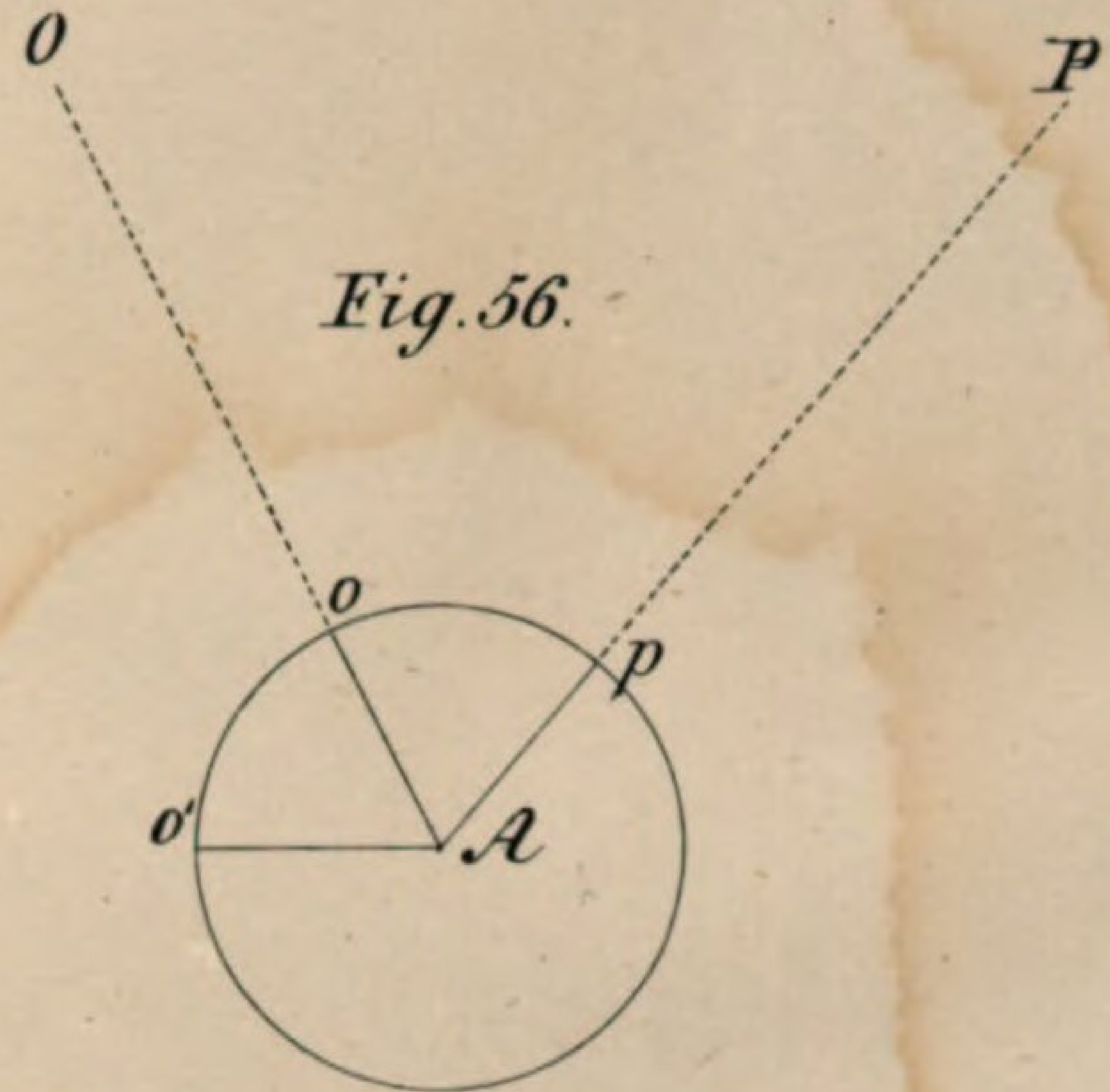


Fig. 56.

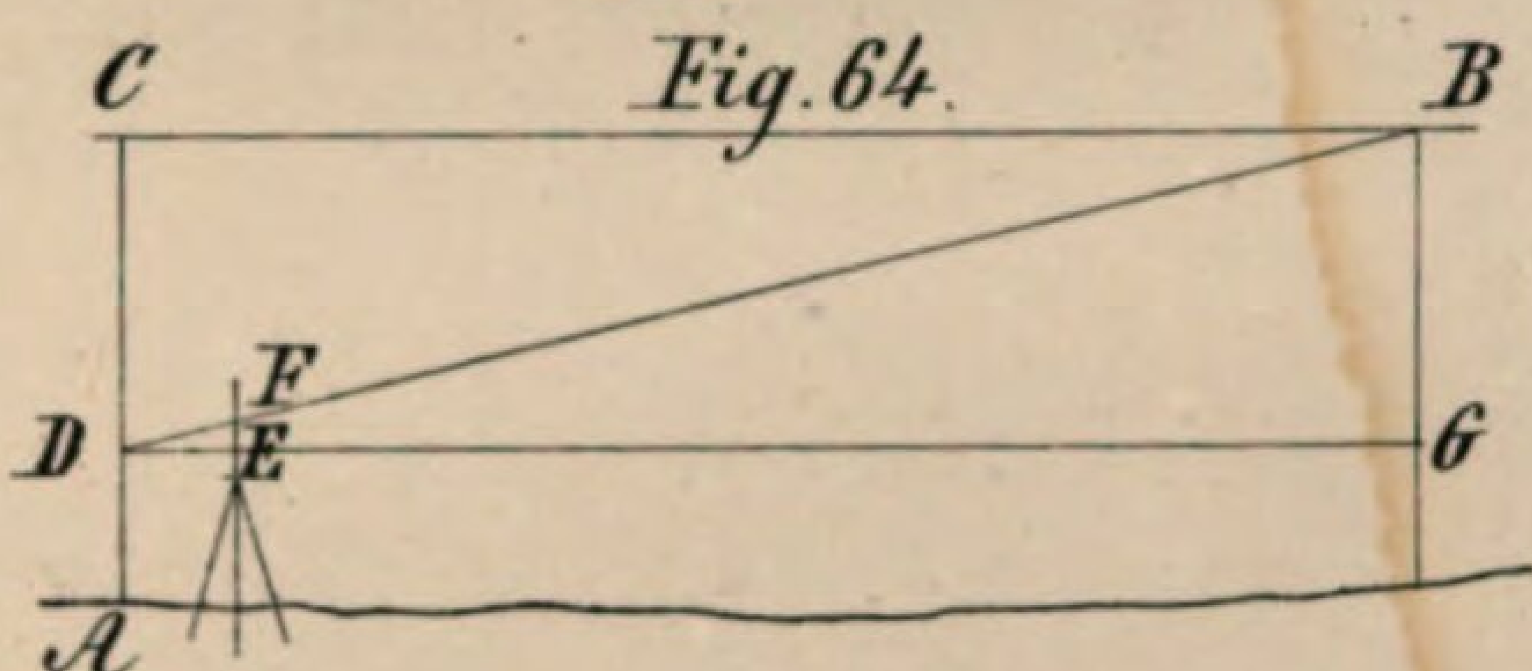


Fig. 64.

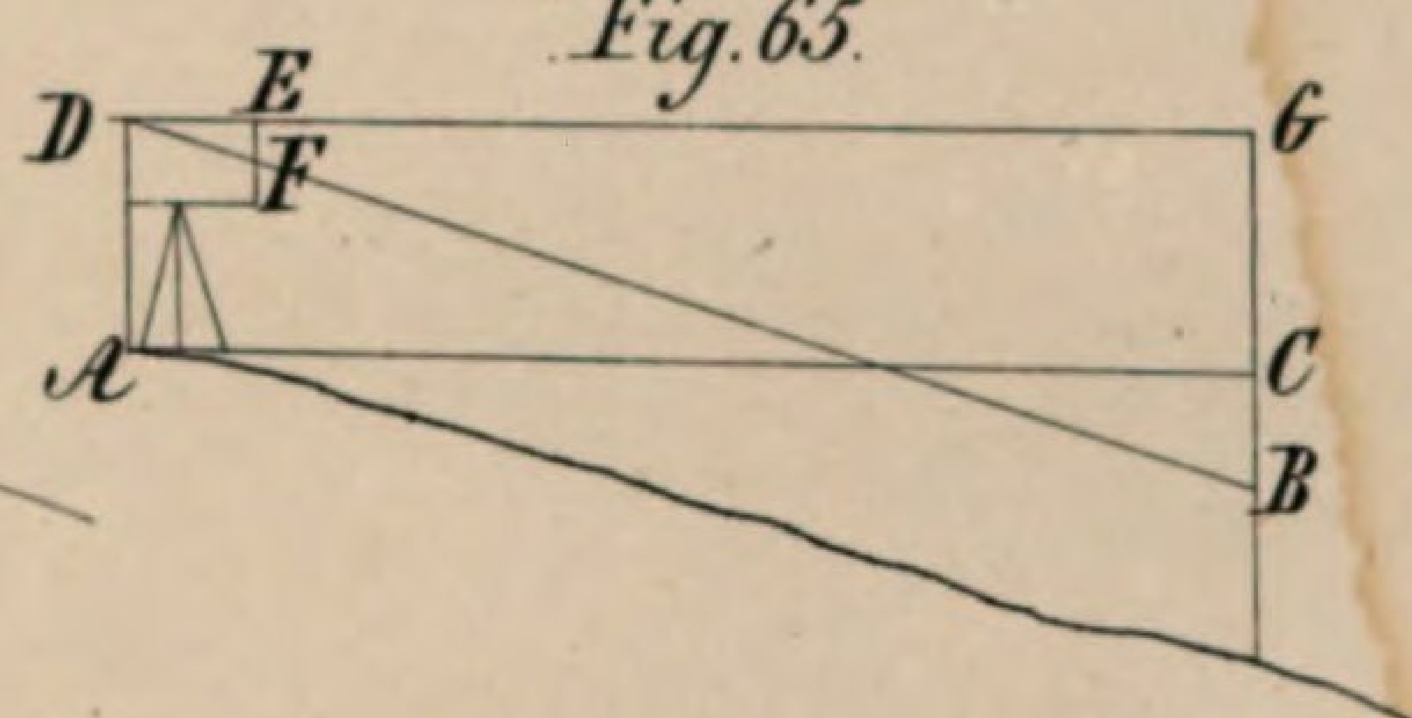
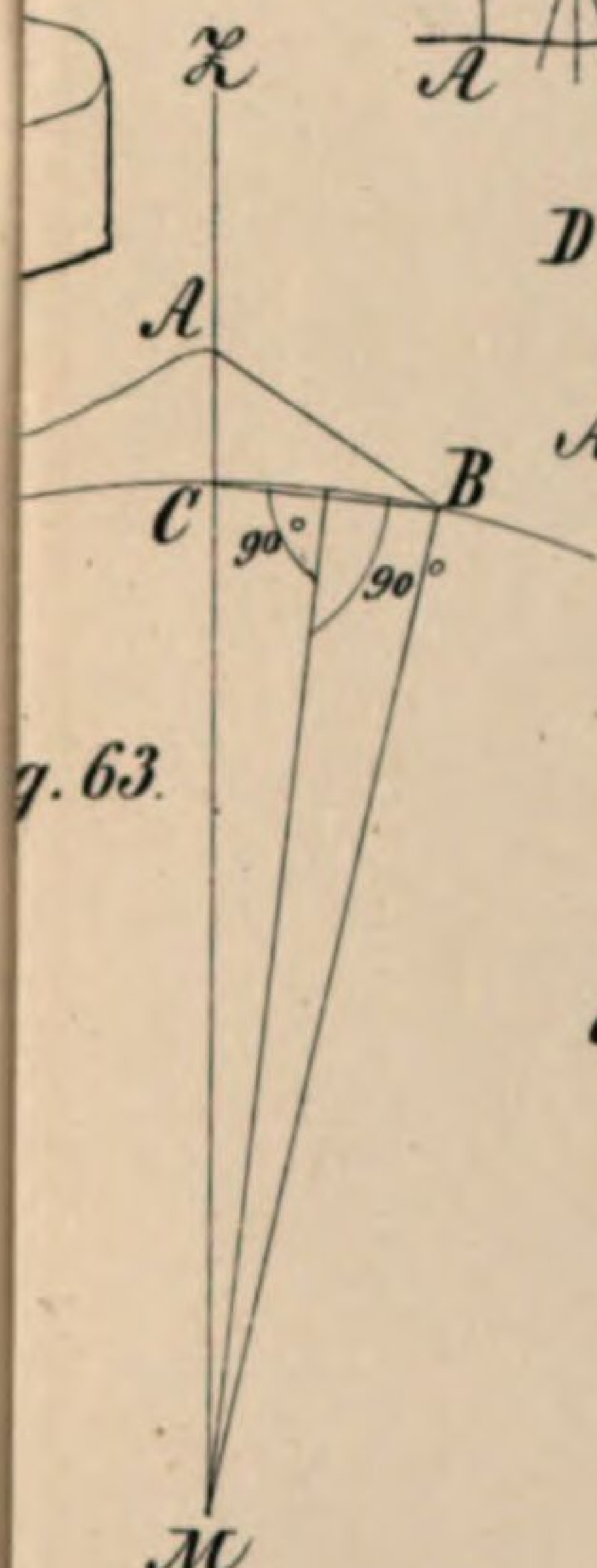


Fig. 65.



g. 63.

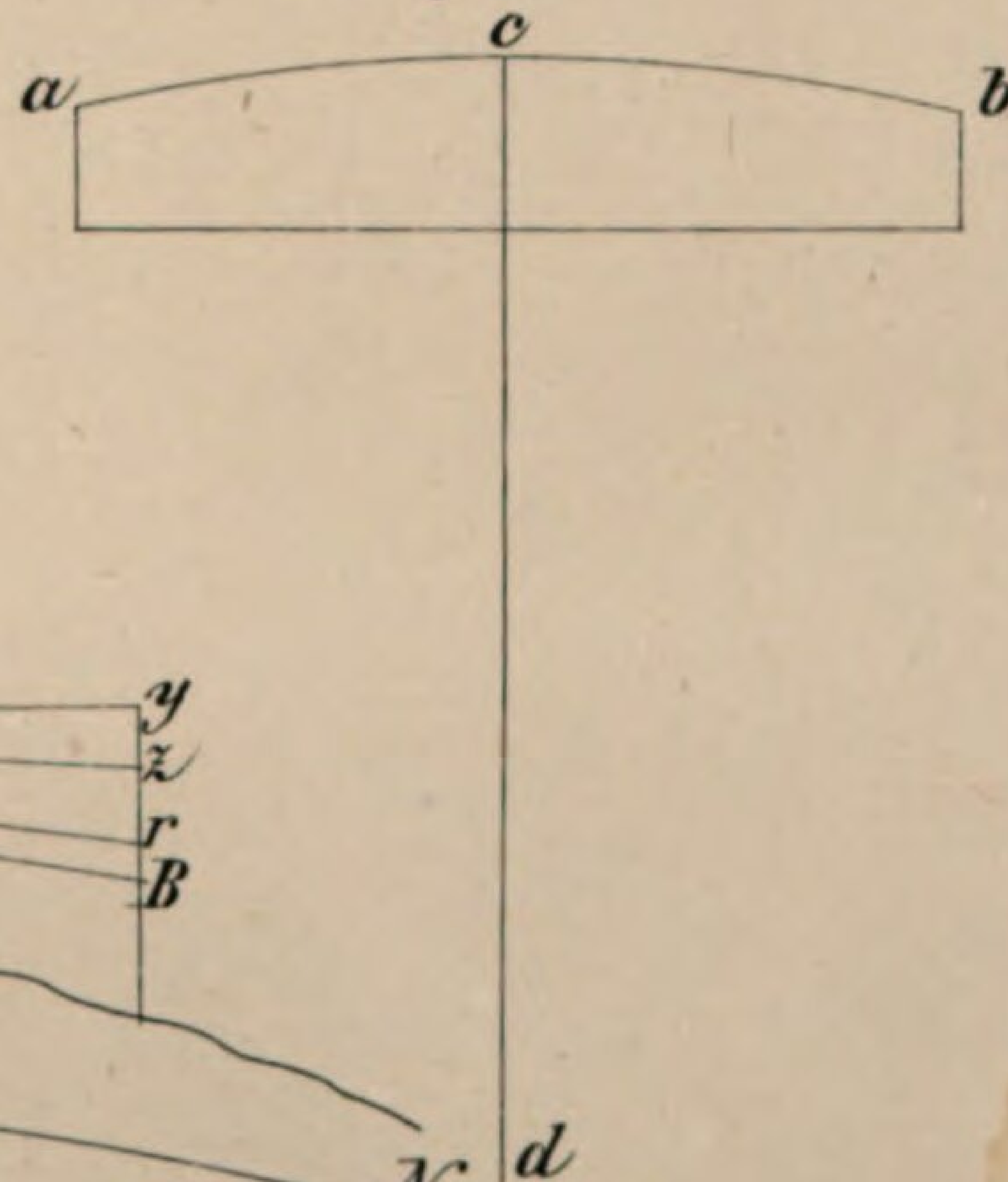


Fig. 66.

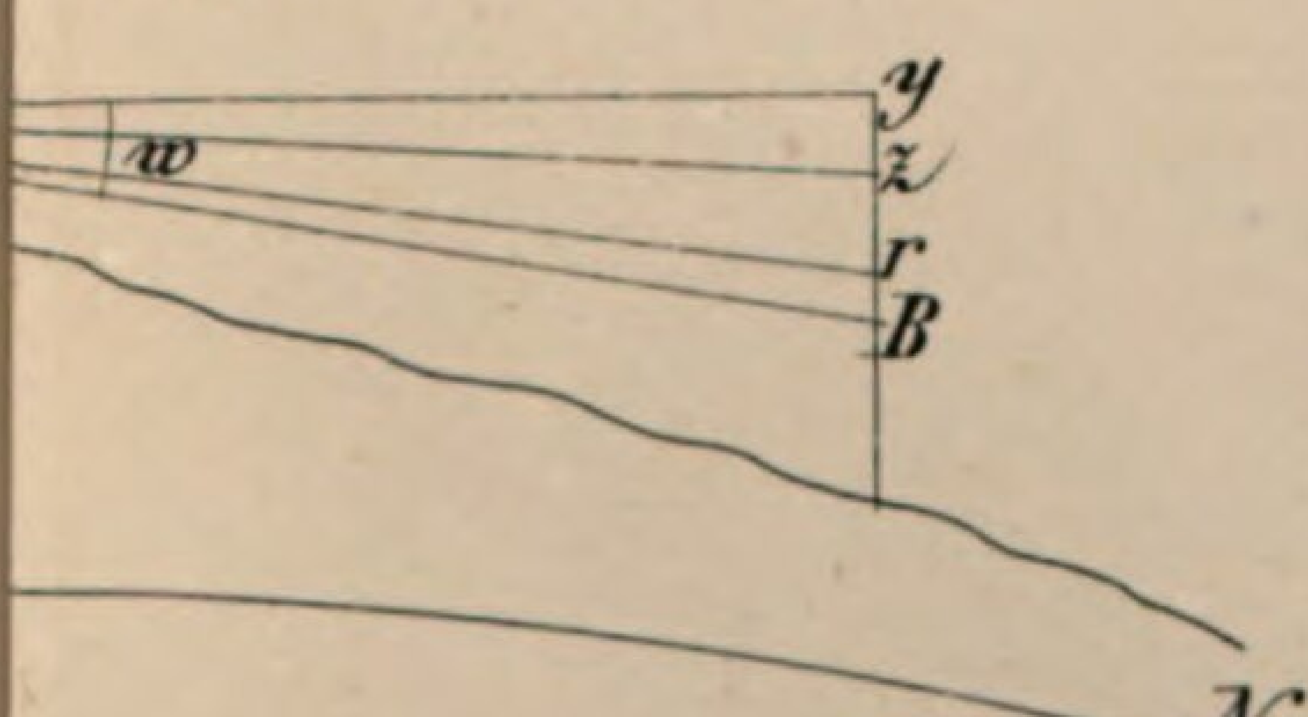




Fig. 70.

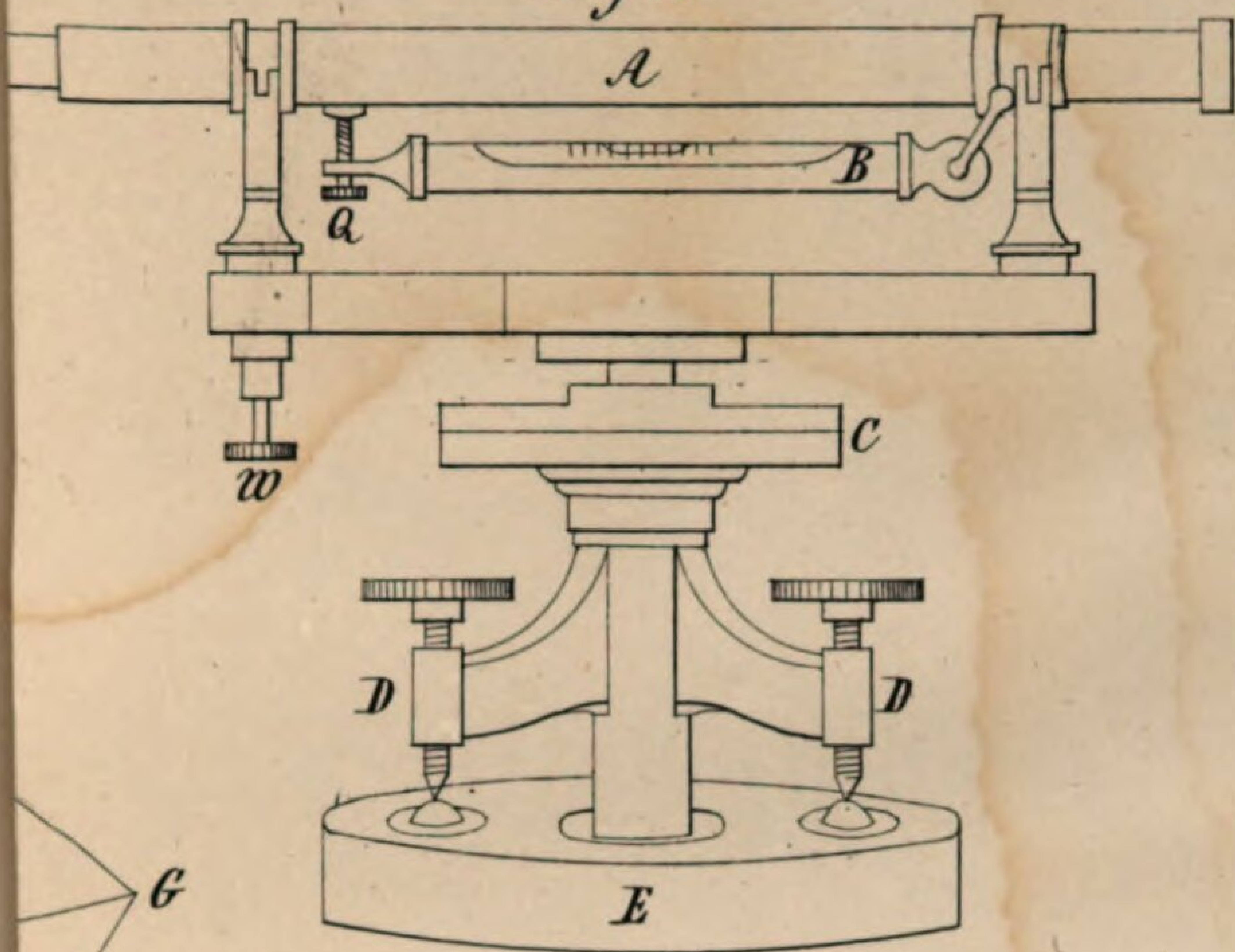




Fig. 73.

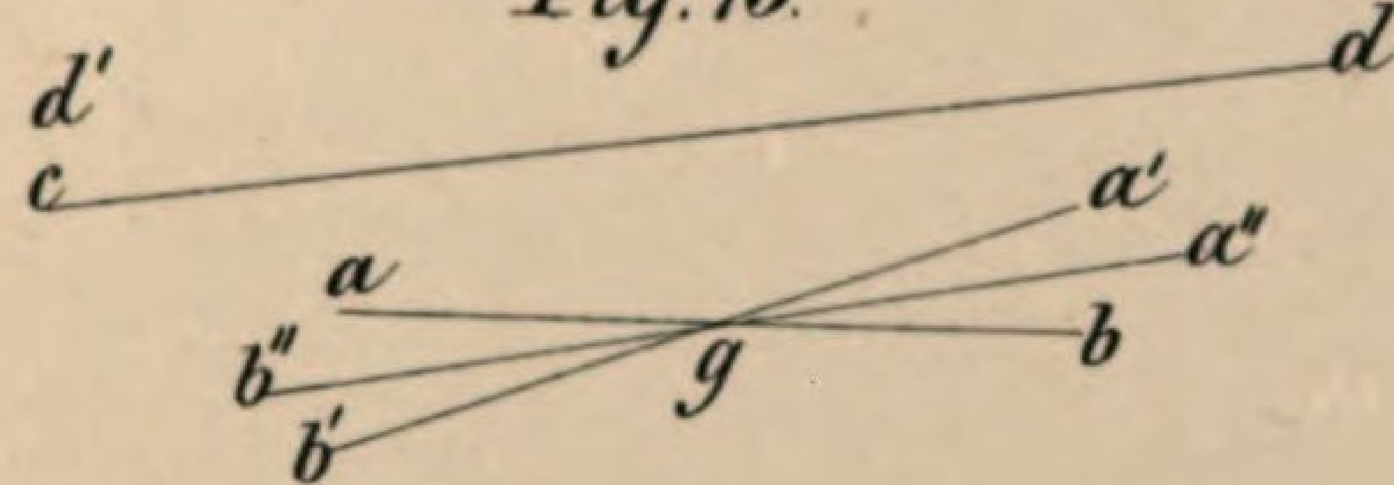
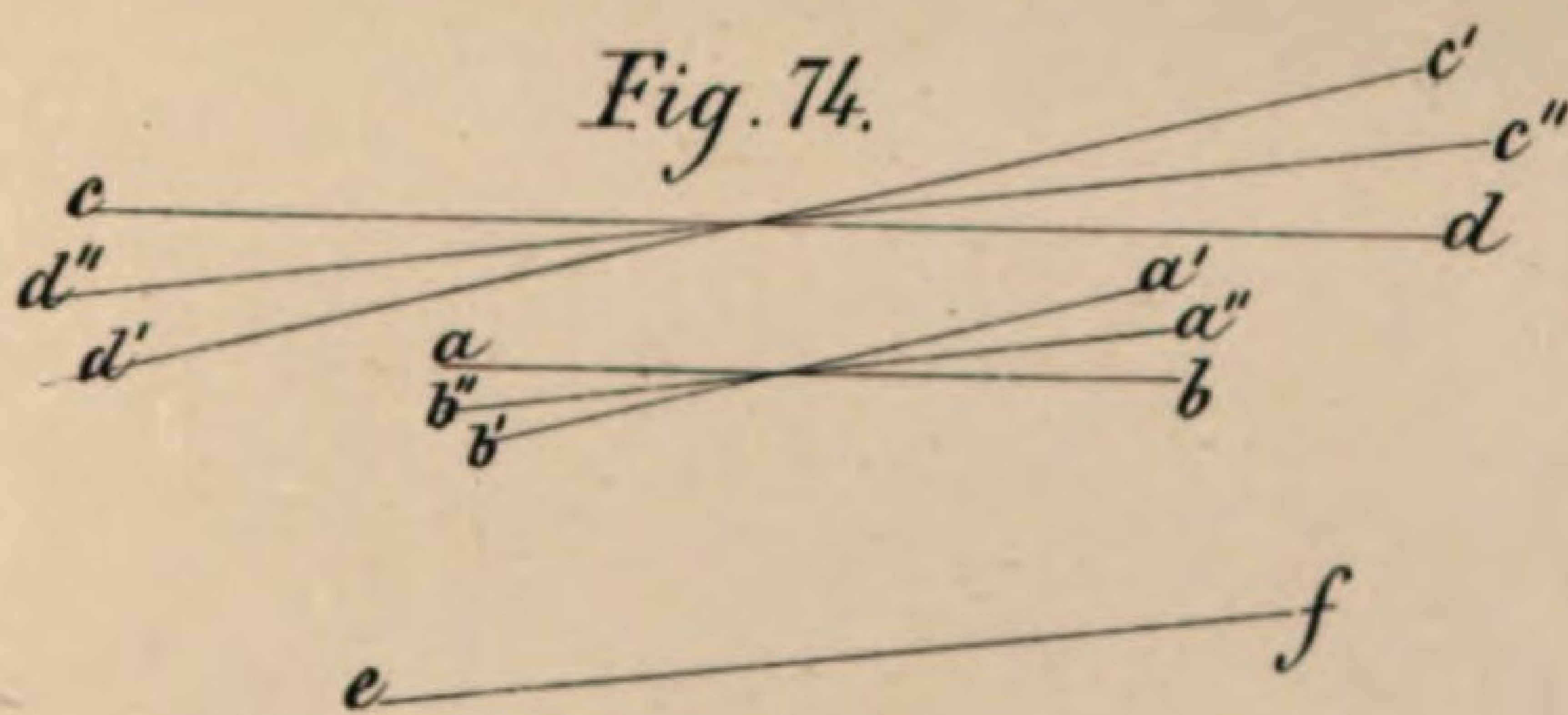


Fig. 74.



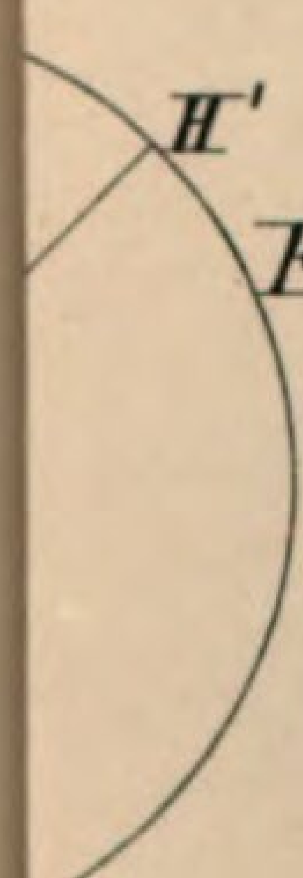
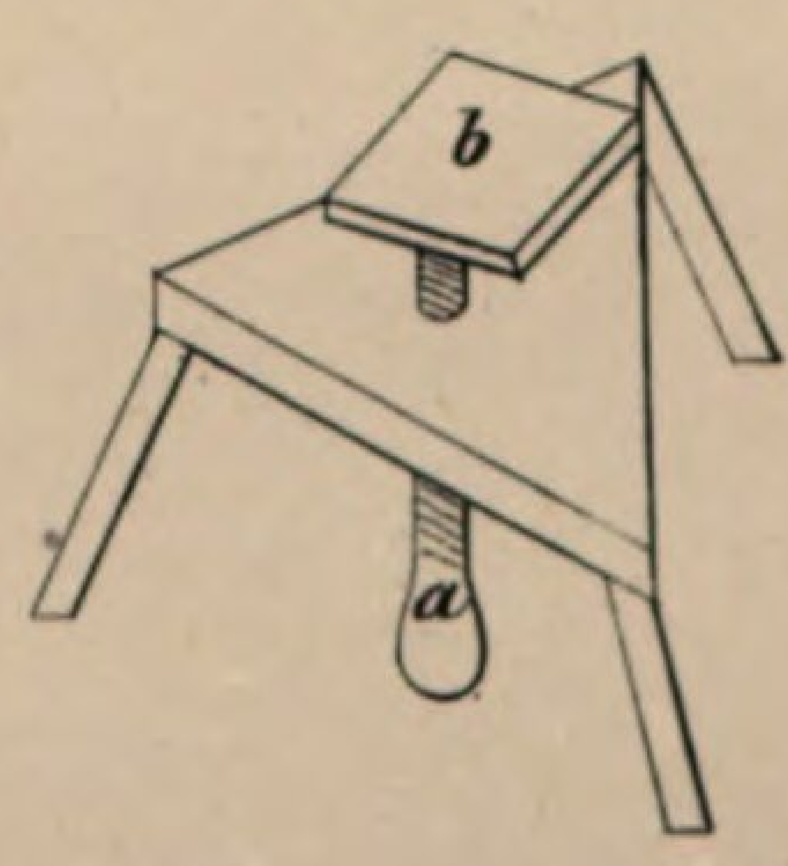


Fig. 76.

Fig. 78.



Grundriss fur die Vorträge auf der Königlich vereinigten Artillerie- und Ingenieur-Schule zu Berlin

Bd.: 8

Berlin 1856